

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-279416

(P2002-279416A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 6 T 1/00	5 1 0	G 0 6 T 1/00	5 B 0 5 7
	3 4 0		3 4 0 A 5 C 0 7 7
7/00	3 0 0	7/00	3 0 0 F 5 C 0 7 9
H 0 4 N 1/46		H 0 4 N 1/40	D 5 L 0 9 6
1/60		1/46	Z

審査請求 未請求 請求項の数18 OL (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-34678(P2002-34678)

(22) 出願日 平成14年2月12日 (2002.2.12)

(31) 優先権主張番号 0 1 1 0 3 0 7 0. 7

(32) 優先日 平成13年2月9日 (2001.2.9)

(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (E P)

(71) 出願人 599127575

グレートク イマージング トレーディング  
グ アクチェンゲゼルシャフト  
スイス国, 5430 ベッティンゲン, ランド  
ストラーセ 176

(72) 発明者 マルクス ネーフ

スイス国, 8032 チューリッヒ, ツェツィ  
リアンストラーセ 5

(72) 発明者 アンドレアス ヘルド

スイス国, 8052 チューリッヒ, ヒンメリ  
ストラーセ 58

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

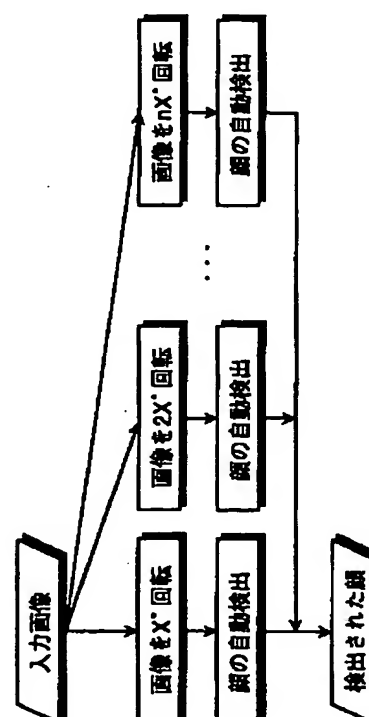
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 色補正方法および色補正装置

## (57) 【要約】

【課題】 予想可能な周知の色または記憶色を有するパターン領域または画像パターンを含むデジタル写真画像の色を補正するための方法および装置を提供すること。

【解決手段】 第1のステップでは、少なくとも1つのパターン領域または画像パターンの存在と位置と、好ましくは寸法とを検出する。第2のステップでは、検出されたパターン領域または画像パターンに存在する色を測定する。第3のステップでは、少なくとも1つの置換色の値（記憶色）を上記パターン領域または画像パターンに割り当てる。第4のステップでは、測定した既存色を上記置換色で置き換え、画像パターンまたは画像領域の色を補正する。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 予想可能な周知の色（記憶色）を有する少なくとも一つのパターン領域または画像パターンを含む、デジタル表現に変換された写真画像、の色を補正する方法において、

（a）前記少なくとも一つのパターン領域または画像パターンの存在と位置、および好ましくは寸法を検出するステップと、

（b）検出された前記少なくとも一つのパターン領域または画像パターンに存在する既存色を測定するステップと、

（c）前記少なくとも一つのパターン領域または画像パターンに関連する、少なくとも一つの置換色の値（記憶色）を供給するステップと、

（d）測定した前記既存色を前記少なくとも一つの置換色の値により置換して、前記画像パターンまたは画像領域の色を補正するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】 前記少なくとも一つの置換色の値（記憶色）および前記既存色との間の偏差を測定し、前記偏差に基づいて、検出されたパターン領域または画像パターンの既存色の値を修正することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 画像に存在する全ての既存色を前記偏差に基づいて修正することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】 検出された前記少なくとも一つのパターン領域または画像パターンの色値の平均値を測定して、前記平均値を前記既存色として使用することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 少なくとも一つの、前記パターン領域または画像パターンに関連する色値（記憶色）の分布に基づいて、前記置換色の値（記憶色）を決定し、測定した前記既存色に割り当てることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項6】 既存の色値を、対応する前記置換色の値に基づいて変換するための変換処理を決定することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項7】 置換後の色の値を既存色の値として使用して、繰り返し前記パターン領域の既存色を補正することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項8】 記録対象物の基本パターンを予め登録し、前記写真画像から前記基本パターンを検出することにより、前記パターン領域または画像パターンの位置を検出することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項9】 前記パターン領域または画像パターンが人間の顔であり、前記基本パターンがピクトグラムなどの形態で表された人間の顔であることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】 記憶色に相当する、予想可能な周知の

2

色および／または予想可能な周知の色の分布、を有する前記パターン領域から得られた色分布を用いることを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項11】 複数の分布の中から、前記既存色に対応する置換色の値（記憶色）に一致すると判断される分布を一つ選択することを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項12】 色補正に用いる追加のデータとして照明条件、距離条件等の記録に関する付加的情報を用いることを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項13】 （a）所定の色空間における色値（記憶色）の分布群を少なくとも一つ供給するステップと、

（b）前記分布群の中から一つの分布を前記少なくとも一つの画像パターンにそれぞれ割り当てるステップと、

（c）前記少なくとも一つの画像パターンの色値が、割り当てられた前記分布に一致するように変換を行うための変換処理を決定するステップと、

を、さらに含むことを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項14】 最後に色補正を行ったデジタル写真画像に対して前記方法が反復して行われることを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項15】 前記既存色に対応する置換色の値を最適化処理に従って決定し、前記最適化処理は、各パターン領域における、変換された色値と割り当てられた分布の色値との一致度を算出し、また、各パターン領域について算出した前記一致度の全てを数学的に統合する関数を最適化するように変換処理を決定することを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項16】 前記分布は、変換された色値が前記置換色を表す確率を定義し、前記一致度が前記確率に基づいて算出されることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項17】 補正した画像データを見る人間による前記画像データの色値の見えをモデル化する色の見え変換、を含むように前記変換処理を決定することを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項18】 画像データを処理するための画像処理装置において、

（a）画像データ入力部と、

（b）画像データ処理部と、

（c）画像データを記録するための画像データ記録部と、

を備え、

前記画像データ処理部が請求項1に記載の方法を実行することを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも一つのパターン領域を含む写真画像の色を補正する方法に関す

(3)

3

るものであり、特に、予想可能な周知の色を有するデジタル表現の顔画像に最適である。さらに、本発明は、上記方法を用いた画像処理装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】写真画像は、カメラ（スチルカメラ、動画カメラ、ビデオカメラ、デジタルカメラ、フィルムカメラなど）等の写真画像記録装置により記録される。光によって伝えられる写真情報の画像データはこれらのカメラで撮像され、半導体メモリまたは写真フィルム上の光化学物質の反応によって記録される。これらのアナログ記録画像情報は、アナログ・デジタル（A/D）変換器を用いて、あるいはフィルムを走査することによって、デジタル化され、デジタル画像データが得られる。得られたデジタル画像データは変換されて、出力手段（たとえば、プリンタと印刷媒体、または、画面）により表示される。

【0003】写真画像を記録するときから、表示するまでの間、または後に表示するために画像データを格納するまでの間、に生じる誤差の原因は多く、これらの誤差が画像データに影響を及ぼし、ユーザに最終的に表示される写真画像の色が写真の対象物の本来の外観とは異なるという問題があった。本発明はこのような色のずれに関するものである。

【0004】このような誤差や色ずれの要因には技術的な要因と、人間による色や画像の知覚の仕方に依存する要因がある。技術的な要因には、たとえば、レンズ系の色収差、デジタルカメラのカラーバランスアルゴリズム、CCDチップまたはフィルムのスペクトル感度、そして特に、不適当な色補正アルゴリズムなどによるものがある。カメラで撮影する写真の対象物の色は、照明のスペクトルによって変化する。逆に、人間の色補正機能には、いわゆる「色の恒常性」という特徴がある。

【0005】通常の間は、複数の異なる照明条件下にある、色値がそれぞれ異なるカラーサンプルを、色値に関する記憶を頼りに識別することができる（内川恵二らによる報告「カラーメモリマッチングによる色の恒常性の測定」："Measurement of Color Constancy by Color Memory Matching", Optical Review, Vol. 5, No. 1(1998), p. 59~63、または <http://annex.jsap.or.jp/OSJ/opticalreview/TOC-Lists/vol05/5a059tx.htm>参照）。人間に色覚があるのも色の恒常性という知覚機構があるからである。色覚は光源となる照明の内容とは相対的に無関係である。逆に、カメラ等によって記録された色値は照明光（タングステン光、フラッシュ光源、日光など）のスペクトルのみに依存する。

【0006】さらに、人間は日常生活において馴染みがある色、たとえば、人肌、葉群、青空、中間色またはグレー（たとえば、道路の色）などを記憶している。CMYK（シアン、マゼンタ、黄、および黒）色空間において、白色人種の肌の色調は13C-40M-45Y-0Kである。これ

4

らは、少なくとも白色人種の若い女性および子供の肌の色に一般的に当てはまる値であり、通常、マゼンタと黄の値はほぼ同等であり、シアンはマゼンタと黄の値の約1/5~1/3である。マゼンタの値が黄よりも多い場合は、肌の色相が赤味を帯び、黄の値がマゼンタよりも顕著に多い場合には黄色を帯びる。黒は肌の影の部分、または肌の色が濃い場合にのみ含まれる（<http://www.colorbalance.com/html/memory.html>）。

【0007】このような記憶色が存在する写真画像では、写真画像の特徴的な色を代表する記憶色を、色補正の参照色として用いることができる。

【0008】しかし、対象がどのようなデジタル画像であっても、その画像の色データ全てを補正するために、そこから複数の参照色を検索することは非常に困難であり、また大きなメモリスペースを必要とする上、コンピュータ操作に時間がかかってしまうという問題がある。

【0009】画像パターン自動検出技術の分野では、記憶色を有する写真から検索対象である画像パターンを識別することは従来からの課題であった。このような自動検出は、たとえば、画像データに修正または変更を加えて記録プロセスで生じた欠陥を補正する必要がある場合に好適である。たとえば、撮影対象物の実際の色とは異なる色を有する可能性が高いフラッシュ撮影写真などにも好適である。

【0010】その他にも補正が必要となる写真の色調不良が発生する状況はあるが、以下では、人間の記憶色からなる肌の識別を適用した顔画像の自動検出について詳細に述べることにする。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】人物写真画像から肌色および顔を検索するために、まず肌色を検出することが従来から知られている。肌色を検出した後、その肌色領域に人間の顔の画像パターンが存在するかどうかを確認する。その結果顔が検出されれば、その色を記憶色に基づいて補正する。しかし、このようなプロセスは、たとえば、肌の色が緑色、オレンジ色、あるいは灰色に写っている、つまり記録された肌の色が人間の肌として認識されないような色を有する、といったような画像の色調不良には適用できないといった問題があった。

【0012】本発明は、特定の画像パターンの記憶色を記録画像の色データ補正の参照色として用いる色補正方法を提供することを目的とする。特に本発明は、人肌の記憶色に基づいて画像の色を補正することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的は独立形式請求項の内容により少なくとも部分的に達成することができる。また、従属形式請求項は本発明の好適な実施例を説明するものである。

(4)

5

【0014】本発明の目的は、予想可能な周知の色（記憶色）、を有するパターン領域または画像パターンを一つ以上含む、デジタル表現に変換された写真画像の、少なくとも一つの色を補正する方法により達成されるものである。上記方法によれば、特に人間の顔などの、少なくとも一つのパターン領域または画像パターンの存在、位置、および、たとえば、少なくとも近似的な寸法を検出する。上記パターン領域または画像パターンの色が測定され、少なくとも一つの置換色の値（記憶色）がそのパターン領域または画像パターンに関連づけられる。

【0015】この置換色の値は、いわゆる記憶色に相当し、測定された既存の色に取って代わることで上記パターン領域または画像パターンの色を補正する。本発明に従って、人間が記憶に保つある特定の想像色とは異なる、画像パターンまたはパターン領域の色調不良を、人間の記憶色を基準として再構成または補正することができる。本発明の方法によれば、特に人間の顔などのパターン領域またはパターン画像のそれぞれについて、少なくとも一つの置換色または記憶色を登録しておく必要がある。

【0016】複数の記録画像から、たとえば、顔、道路、または緑の芝生などの異なる種類の画像パターンを検索する可能性もあるため、これらの画像パターンのそれぞれについて少なくとも一つの置換色、すなわち人間の記憶色、を登録しておく必要がある。そのため、複数のパターン領域または画像パターンを1枚の写真、つまりその写真のデジタル表現から検出し、これらの画像パターンの欠陥色を、登録しておいた置換色、すなわちその画像パターンに対して人間が記憶に保つ記憶色で置き換えることが可能となる。

【0017】本発明の一つの好適な実施例によれば、少なくとも一つの置換色の値と、識別および位置確認を行ったパターン領域または画像パターンの既存色との間の偏差を求めることも可能である。この偏差に基づいて、検出されたパターン領域または画像パターンの既存の色値を修正することができる。従って、検出された画像パターンの色は、置換色または記憶色1色のみによって置換されるのではなく、偏差の分だけ修正される。つまり、画像パターンは色補正後も、複数の色を有し、より自然な外観を有することになる。さらに、この偏差を用いて、画像の全ての既存色を修正または補正することも可能である。

【0018】さらに、上記の少なくとも一つの検出されたパターン領域または画像パターンの色値の平均値を求め、その後の全ての色補正処理においてこの平均値を既存色として用いることができる。

【0019】もちろん、パターン領域または画像パターンに関連づけられた一つまたは複数の記憶色に関連する、色値の分布を用いることも可能である。この場合、

6

測定した既存色に対応する置換色の値を割り当てる。

【0020】さらに、上記既存色と割り当てられた置換色の値または記憶色とが互いに異なる色値、たとえば、それぞれ特定の赤、緑、青の値を有する場合、あるいは、HSV色空間などの特定の色空間において互いに異なる色値から構成される場合があるため、デジタル表現の原画像の色値を補正するためには変換処理が必要となる場合もある。適切な変換処理により、ある色に関してあらゆる色値を考慮して補正を適切に行うことが可能となる。

【0021】本発明の別の実施例は、人間の顔、または道路などの、一つまたは複数の画像パターンの認識を基本とするものである。これらの画像パターンは、人間が記憶する、ある特定の色を含む。また、この実施例により、比較的短時間で記録画像のデジタル表現からこれらの画像パターンを検出することができる。人間の顔などの、比較的容易に検出される画像パターンには、肌の色などの記憶色が含まれる。ある特定の画像パターンの認識および検出された画像パターンのある特定の色の認識をもとに、写真画像の色を補正することが可能である。これは、検出した画像パターンから検出した色と、たとえば、顔、道路等の検出された画像パターンから人間が知覚すると予測される記憶色との間の偏差を考慮して、画像の全ての色を補正することで実現できる。

【0022】本発明には、いずれの既存の画像パターン検出方法を用いても良い。実際の顔の検出には、以下に適度に合致するシステムであれば何を用いてもよい。たとえば、Henry Rowleyの論文「ニュートラルネットワークによる顔検出」（“NeutralNetwork-Based Face Detection”, PhD Thesis CMU-CS-99-117, Carnegie Mellon University, Pittsburgh 1999）に記載されるニュートラルネットワーク手法、またはSchneidermanらの論文「顔および車などの3次元物体検出に用いられる統計的手法」（“A Statistical Method for 3D Object Detection Applied to Faces and Cars”, Proc. CVPR 2000, Vol. 1, p. 746~752, Hilton Head Island 2000）に記載されるウェーブレット手法などを用いることができる。

【0023】ここで重要なのは、顔の検出が完全に自動的に行われること、検出速度が適度に速いこと、および偽陽性率、つまり顔がないのに顔があると検出される確率、が低いことである。ここでいう「適度」とは、実施の形態の状況によって異なるものである。本発明の実施例にはRowleyおよびSchneidermanらによる上記文献に記載される内容を組み込むものとする。

【0024】ほとんどの顔検出器の検出能力は回転に対して不変ではないため、顔が取り得る全ての回転方向について検出が確実に行えるように工夫する必要がある。その方法は、顔検出器によって回転不変性が異なるため使用する検出器によって異なる。たとえば、Rowleyの手法では、約±15°、Schneidermanの手法では、約±4

(5)

7

5°の範囲で回転不変性が得られる。従って、検出器以外の手段によって回転不変性を確保する必要がある。これはたとえば、画像を予備回転してから、後処理および通常の顔検出を行うことで達成できる。

【0025】たとえば、Schneidermanの顔検出器を用いたシステムには4つの段階が必要である。言い換えると、上記顔検出器の場合は画像をそれぞれ0°、90°、180°、および270°回転させて測定する必要がある。

【0026】顔が検出されれば、肌色を検索する範囲が著しく限定されることになる。上述の検出方法によれば、顔を境界つける枠と顔のおおまかな方向を検出することができる。上述のとおり、顔検出器の検出能力は一般的に回転不変性ではない。したがって、顔の方向は顔検出器の回転不変性によって限定される範囲内で求めることができる。Schneiderman検出器の場合、この範囲は±45°以内となる。

【0027】顔、または道路などの画像パターンの位置確認を終えると、本発明による方法の、つぎのステップに従って、写真画像の色を補正することができる。位置確認した画像パターンには、ある特定の色の存在が予測され、また、本発明による方法に従って動作する画像処理装置には、検出および位置確認されるあらゆる画像パターンにそれぞれ対応する色の色分布が予め登録されているため、画像パターンから検出された色が該当する可能性が最も高い色分布の範囲内にあるかどうかを確認することができる。上述のように、これらの色分布は人間が記憶し、かつ、位置確認および検出された画像パターンから人間が知覚すると予測される記憶色に対応する。

【0028】つまり、本発明による方法は、記録した画像のデジタル表現を対象とし、最初に、人間の顔などの一つのパターン領域または画像パターンを識別し、写真画像、すなわちデジタル表現上の上記パターン領域または画像パターンの位置を検出する。そして、位置を検出したたとえば、顔などの上記パターン領域または画像パターンの予想可能な周知の色を決定する。

【0029】つぎに、上記パターン領域または画像パターンについて決定した色に対応する、ある色空間における色値の分布を、少なくとも一つ選定する。上記少なくとも一つの色値の分布から、決定した色に対応する一つの色値が決定され、上記パターン領域の色に割り当てられる。割り当てられた色値は、人間によって予想可能な色に相当する。つまり、そのパターン領域、たとえば、顔、がその色を有することが人間の記憶に存在する必要がある。そして、上記パターン領域の色と、割り当てられた上記分布の色値との間の偏差が求められ、写真画像の色を変換するための変換処理をこの偏差から決定する。この変換処理により、上記画像のデジタル表現の色データが補正される。

【0030】上記分布から該当する色値を用いて、請求

8

項1記載のステップ(b)～(d)を繰り返し実行してもよい。その場合、請求項1のステップ(b)において必ず、割り当てる値として決定した色値が、パターン領域または画像パターン上の既存色または最後に置き換えた色値を置き換える。この繰り返しは、識別および検出されたパターン領域または画像パターンの、最後に補正した色値が、許容範囲内にあると判断されると停止される。この許容範囲とは、色補正の対象となるパターン領域または画像パターンから検出された色に最も一致する可能性が高い、所定の色空間における色値の分布として選択された、少なくとも一つの分布の最も可能性が高い部分に相当する。

【0031】もちろん、所定の時間内に好ましい結果、つまり、許容範囲内の色値を得ることができないために請求項1による方法を終了することができない場合には、前回使用した色空間の色値分布に近い、同色空間における別の色値分布などを選択し、この別の色分布をもとに許容範囲内の色値を得ることも可能である。

【0032】たとえば、識別および位置確認したパターン領域または画像パターンから検出した平均色が、選択したある色分布内の最も一致する可能性の高い色値の範囲とは異なる、HSV色空間の色スペクトルおよび/またはHSV値を含むと判断した場合には、この偏差を計算することが可能である。たとえば、赤、緑、青の色値、および色相に偏差がある場合がある。

【0033】計算したこれらの偏差から写真画像中、すなわち、写真画像のデジタル表現中の全色を補正することができる。補正後、識別および位置確認したパターン領域または画像パターンの色値が、選択した色分布の最も一致する可能性の高い部分の範囲内にあるかどうかをこの補正したデジタル表現について再度検出することができる。この色分布は、人間が色の記憶に基づいて予測すると考えられる色値の分布に相当する。

【0034】従って、本発明によれば、顔などのある一つ特定のパターン領域または画像パターンのみの色から記録画像全体の色を自動的に補正することが可能である。

【0035】本発明の方法に従って、デジタル写真画像の色補正を実行し、記憶色を最適に再現することができる。本発明は、特に、写真用DMDプリンタ、写真用インクジェットプリンタ、写真用CRTプリンタ、写真の現像プリントシステム、特に「ミニラボ」とも呼ばれる小型の現像プリントシステムなどに適用できる。

【0036】上記プリンタまたは現像プリントシステムは供給された写真画像情報を処理する。写真画像情報は、従来どおりフィルム上の写真画像情報として供給されても良いが、ネットワーク（インターネット、LANなど）または記憶媒体（CD-ROM、ディスク、メモリチップなど）を介してデジタル方式で供給されてもよい。

50

9

【0037】本発明による色補正の参照として用いる色は「参照色」と呼ばれる。これらの参照色は一般的に記憶色に相当し、ほとんどの写真画像において画像の主要な部分の特徴的な色を代表するものである。従って、このような特徴的な色（記憶色）を、たとえば、統計的に、または写真専門家によって、選択された複数の写真から導き出しても良い。上記複数の写真画像から、特徴的な色（記憶色）のモデルを導き出して、このモデルから特徴的な色（記憶色）が通常有すると考えられる色値が得られる。上記色値は、特定の色値の尤度を表す色値分布の形で用いることができる。

【0038】本発明の発明者は、一つの記憶色が一つの色値ではなく、実際には複数の色値によって表されるものであると考えた。本発明により、特定の記憶色（特徴的な色）を表す複数の色値を少なくとも一つの分布を用いて表現することができる。この分布は特定の色空間における複数の色値の分布を示すものである。上記分布は、特に、色空間における2次元または3次元の範囲または部分を表す。上記分布は色値、すなわち色空間における位置、のみに関連するわけではなく、上記分布によって表現される複数の色値の一つ以上のパラメータにも関連している。

【0039】たとえば、このパラメータは、ある色値が特定の記憶色を表す確率に関するパラメータである。たとえば、この確率は複数の写真画像におけるその色値の統計的存在度から推定することができる。本実施例では、上記分布は確率分布を意味する。別の実施例によれば、上記パラメータは、補正処理に用いられる重み係数を表すパラメータである。この重み係数は、ある記憶色の表現に用いられる各色値の重要度を示す。通常、色値の重要度は上記統計的存在度または上記確率が高いほど高い。

【0040】また、撮像条件に関する付加的情報がある場合には、複数の異なる分布を同一の記憶色に対してさらに用いることも可能である。たとえば、フラッシュを用いて画像が撮影されたという情報がデジタルカメラに登録されていれば、フラッシュ撮影条件に適応する分布、または複数のフラッシュ撮影写真画像から得られた分布を、標準の分布の代わりに用いることが可能である。標準の分布とは、あらゆる撮像条件（日光、フラッシュ光源、屋内など）に適応する分布のことである。

【0041】しかし、このような付加的情報は以下に説明するように、いわゆる「事前情報」の決定において用いることが好ましく、従って、付加的情報がない場合には、一つの記憶色に対して一つの分布のみを割り当てることが好ましい。本発明によれば、記憶色は参照色として用いられる。好ましくは、参照色群および、従ってそれらに対応する複数の分布が供給される。これらの分布に関する既定のデータはメモリ部に登録され、および／または、必要に応じてネットワークを介してアクセスで

(6)

10

きるようになっていてもよく、また、たとえば、新しい統計データを基に更新することも可能である。

【0042】本発明による色補正方法または色補正装置は、写真画像を表す画像データを受信して補正する。画像データは好ましくは、たとえば、記憶媒体またはネットワークを介してデジタル方式で受信する。代わりに、または、さらに、本発明による色補正装置は、デジタル写真画像データを生成するために、写真フィルムを走査する走査手段を備えていてもよい。

【0043】記録画像の色値は通常デジタル化され、たとえば、整数（たとえば、0...255）の成分から成る3次元のベクトルによって表現することができる。画像のデジタル表現を得るために、たとえば、RGB、sRGB、CMYK、Lab、CIELab等の色空間を用いて色値を表すことが可能である。

【0044】本発明によれば、参照色および／またはそれに対応する分布（または選択された分布）が検出および位置確認されたパターン領域または画像パターンに割り当てられる。割り当てられる分布は既存の分布群から選択される。

【0045】画像に割り当てられた分布、すなわち、画像パターンに割り当てられた参照色（記憶色）に基づいて、変換処理を決定する。変換は補正を目的とした画像データの操作を意味し、画像パターンに存在する色値に基づいて決定される。既存の色値は、変換の起点を表し、割り当てられた分布が、変換の終点を定義する。画像パターンの色値を、割り当てられた分布が表す色値、つまり人間がそこにあると予測する色値に一致させることが目的である。

【0046】決定した変換処理を用いて、画像データの色値、好ましくは全ての画像データの色値を変換して補正画像を取得する。この補正は写真画像に存在する典型的な記憶色に関する情報を表す分布に基づいて行われる。記憶色は厳密な色値ではなく、分布によって表されるため、本発明の色補正の原理には「ファジー度」が得られる。この「ファジー度」により柔軟かつ滑らかな補正が可能となる最適化処理を行うことができる。

【0047】そして、以下の場合に、上述した、請求項1の複数の「一致」ステップが達成されたことになる。これは、参照部分の変換された色値が、上記割り当てられた分布によって占有される色空間の部分空間に近似する場合、変換された色値が変換前よりも、選択された分布の最も可能性が高い部分に近似する場合、変換された色値の少なくとも1部が上記色空間の上記部分空間の範囲内にある場合、または、変換された画像パターンの色値のほとんど、または全てが上記色空間の上記部分空間の範囲内にある場合である。「一致度」は、変換前の色値と比べた、重なりまたは近似の程度に相当する。確率を考慮に入れたさらに好ましい方法では、最適化処理を行うことで一致度の評価を行える。この方法については



(7)

11

以下に詳細に説明する。

【0048】記憶色には好ましくは確率モデルが適用される。すなわち、色値の分布は確率、さらに好ましくは、条件付き確率によって定義される。条件付き確率は、ある特定の記憶色（参照色）の条件下における色値の尤度を定義する。各記憶色モデル、すなわち、各記憶色の確率分布は、写真専門家により提供された訓練データ群から導き出されるか、あるいは、複数の写真画像の統計解析により得られたものであってもよい。さらに、変換された色値と、上記確率分布により定義される色値との間の一致の質を、上記確率分布を用いて評価することもできる。一致の質のことを「一致度」と呼ぶことができる。たとえば、変換された色値が記憶色に相当する確率が高いほど一致度は高くなると考えてよい。この確率は確率分布から計算することができる。

【0049】つまり、本発明による最適化処理は、変換された色値と、割り当てられた分布の色値との間の一致度の評価を好ましくは用いるものである。この一致度は、上述のとおり、確率分布を用いて計算することができる。上記確率分布が色空間の部分空間を規定する場合、たとえば、参照部分の色値によって規定される部分空間と、上記確率分布により規定される部分空間との間の重なり度合いを最適化処理における一致度として用いることができる。最適化処理は、この「一致度」ができるだけ大きくなるように行われる。

【0050】画像パターンが二つ以上、および／または、割り当てられた分布が二つ以上存在する場合は、全ての画像パターンと割り当てられた記憶色との間の総合的な一致の質を表す「全一致度」を、好ましくは複数の個別の一致度から求める。これらの個別の一致度は、それぞれ、一つの画像パターンの色値とその画像パターンに割り当てられた分布の色値との間の一致度に相当する。上記全一致度は、好ましくは複数の個別の一致度から成る関数である。さらに好ましくは、上記関数は上記個別の一致度を数学的に統合したものである。

【0051】確率分布を適用する場合、各画像パターンに対して条件付き確率を計算する。条件付き確率は、たとえば、顔などの画像パターンの色値がそのパターンに割り当てられた記憶色に属する確率を表す。「全一致度」の評価は好ましくは、選択した複数の画像パターンに対応する複数の条件付き確率の積、つまり本例では上述の関数を意味する積、に基づいて行われる。

【0052】また、確率分布を適用する場合、「一致度」は確率に基づくため、「一致確率」と呼ぶこともできる。一致確率は、変換した色値が、その画像パターンに割り当てられた分布または参照色に属する確率を表す。

【0053】一致確率は画像パターンの色値が参照色を表す確率を定義する分布に基づいて好ましくは求められる。代わりに、または、さらに、一致確率を画像データ

12

の色値に対する（系統的）影響に基づいて求めてもよい。この影響とは、写真画像を撮影した時点で発生したもの（たとえば、フラッシュ光源などの、撮影対象物のための照明のスペクトルによるもの）から、本発明による色補正方法または色補正装置により画像データが受信されるまでの間に発生したものを含む。系統的影響に関するこのような情報は、「事前情報」とも呼ばれる。

「事前情報」については後にさらに詳細に説明する。

【0054】色補正を彩度および色相に関する情報のみに基づいて行うことも可能である。色値をLabベクトルとして表す場合、aとbのベクトル値のみに基づいて補正を行うこともできる。このような自動的な、選択、割り当て、および補正の主な利点は、色の歪みが有意に存在する画像についても確実に補正できることにある。これは、画像部分の選択と分布（または対応する参照色）の割り当てが、色相と彩度に関する情報に依存しないで行われるからである。

【0055】顔に加えて、または、顔の代わりに、その他の対象物を画像パターンとして検出および選択することももちろん可能である。たとえば、道路を画像パターンとする場合には参照色はグレーになる。

【0056】補正した画像データがある出力手段（たとえば、プリンタまたはミニラボなど）へと送られることが予めわかっている、国際色彩委員会（International Color Consortium, <http://www.color.org>）規定のICCプロファイルなどのカラーマネジメントプロファイルが既知である場合は、これを交換処理を決定するステップ、特に対応する最適化処理に用いることができる。この場合、交換処理が出力手段のカラーマネジメントプロファイルに対応するカラーマネジメント変換を含むように、交換処理を決定する。

【0057】さらに、または代わりに、人間による画像の色覚の観点から補正を行ってもよい。このために、Mark Fairchildの文献「色の見えモデル作成とCIECAM97s」（“Color Appearance Modeling and CIECAM97s”, Tutorial Notes (CIC99), 1999, Armin Kndig）にあるCIECAM97sのような色の見えモデルを使用してもよい。色の見えモデルは、交換処理、すなわち色の見え交換処理によって表すことができる。本発明による補正に用いられる交換処理を、このような色の見え交換処理を含むように決定する。

【0058】本発明は方法のみならず、プログラム、およびそのプログラムを備えたコンピュータ記憶媒体に関するものである。さらに、本発明は、上述の補正処理を行う写真画像処理装置に関するものである。このような写真画像処理装置は、分布を記憶するためのメモリ手段、デジタル画像データを受信するための入力手段、参照部分を選択するための選択手段、これら参照部分の分布を割り当てるための割り当て手段、上述の一致度を考慮して交換処理を決定するための決定手段、および補

(8)

13

正変換を実行するための変換手段を備える。

【0059】このような写真画像処理装置は、ASIC製品、ハード接続された電子部品、および／または、本発明に従ってプログラムされたコンピュータまたはチップにより実現されてもよい。さらに、本発明は、上述の写真画像処理装置を構成する上述の方法を用いた、写真プリンタ、または写真現像プリントシステム、特にミニラボに関するものである。各装置はたとえば、上述のプログラムが実行される、または組み込まれたコンピュータなどのデータ処理手段を備えていてもよい。

【0060】

【発明の実施の形態】本発明による方法の原理について、人間の顔検出および顔の肌検出に関連して以下に詳細に説明する。当然ながら、その他の記憶色が存在する別の画像パターンの検出を行ってもよい。

【0061】実際の顔検出には、以下に適度に合致するシステムであれば何を用いてもよい。たとえば、Henry Rowleyの論文「ニュートラルネットワークによる顔検出」(“Neutral Network-Based Face Detection”, PhD Thesis CMU-CS-99-117, Carnegie Mellon University, Pittsburgh 1999)に記載のニュートラルネットワーク手法、またはSchneidermanらの論文「顔および車などの3次元物体検出に用いる統計的手法」(“A Statistical Method for 3D Object Detection Applied to Faces and Cars”, Proc. CVPR 2000, Vol. I, p. 746~752, Hilton Head Island 2000)に記載のウェーブレット手法などを用いることができる。

【0062】ここで重要なのは、顔の検出が完全に自動的に行われること、検出速度が適度に速いこと、および偽陽性率、つまり顔がないのに顔があると検出される確率、が低いことである。ここでいう「適度」とは、実施の形態の状況によって異なるものである。本発明の実施例にはRowleyおよびSchneidermanらによる文献に記載される内容を取り入れる。

【0063】ほとんどの顔検出器の検出能力は回転に対して不変ではないため、顔が取り得る全ての回転方向について検出が確実に行えるように工夫する必要がある。その方法は、顔検出器によって回転不変性が異なるため使用する検出器によって異なる。たとえば、Rowleyの手法では、約 $\pm 15^\circ$ 、Schneidermanの手法では、約 $\pm 45^\circ$ の範囲で回転不変性が得られる。従って、検出器以外の手段によって回転不変性を確保する必要がある。これはたとえば、画像を予備回転してから、後処理および通常の顔検出を行うことで達成できる。図1はこのような顔検出を説明するフローチャートである。

【0064】たとえば、Schneidermanの顔検出器を用いたシステムには4つの段階が必要である。言い換えると、上記顔検出器の場合は画像をそれぞれ $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、および $270^\circ$ 回転させて測定する必要がある。

14

【0065】顔が検出されれば、肌色を検索する範囲が著しく限定されることになる。上述の検出方法によれば、顔を境界づける枠と顔のおおまかな方向を検出することができる。上述のとおり、顔検出器の検出能力は一般的に回転不変性ではない。したがって、顔の方向は顔検出器の回転不変性によって限定される範囲内で求めることができる。Schneiderman検出器の場合、この範囲は $\pm 45^\circ$ 以内となる。

【0066】図2、3は、検索対象の画像パターンの識別および／または位置確認に用いる大まかなビクトグラムである。もちろんこれらを回転、傾斜、または移動して記憶色を識別してもよい。ここでは、記憶色は人肌の色に相当する。

【0067】画像パターンを識別するために、顔の特徴を強調させる処理を行っても構わない。たとえば、ヒストグラム正規化、局所コントラスト増強、などを使用してもよい。

【0068】つぎに、本発明の一つの側面により、パターン領域または画像パターンが識別および位置確認されると、この領域内の色を検出することが可能になる。検出された色に応じて、少なくとも検出された画像パターンに用いられる置換色として使用される記憶色が選択される。

【0069】一致の可能性が最も高い記憶色と、補正の対象となる画像から認識および位置確認された画像パターンにおいて測定された色との間の偏差を決定することも可能である。この偏差から、画像パターンの色補正のみならず、その画像の残りの部分の色を全て補正することができる。既存の色値として、検出された画像パターンの推定中心の1色を検出して、または、検出された画像パターンの色の平均値を求めて、HSV色空間またはRGB色空間等の特定の色空間においてこの既存の色値に近い記憶色と、既存の色値との偏差を求めることにより一致の可能性が最も高い記憶色を決定することができる。

【0070】より複雑な処理を適用することも可能であるが、この場合には、一方ではより良い色補正結果が得られるが、他方では、補正処理に必要な時間が長くなってしまう。

【0071】本発明のさらに別の側面による色補正方法または色補正装置について以下に説明する。

【0072】記憶色は正規化された色空間によって定義される。さらに、上述のように、および以下により詳細に述べるように、カラーマネジメントモデルおよび／または色の見えモデルを色補正処理と組み合わせることも可能である。

【0073】本方法の入力データとして、(たとえば、デジタルカメラまたは走査手段を使用して得られた)デジタル画像および記憶色 $A_i$ が割り当てられた、画像上の少なくとも一つの画像パターン $i$  ( $i = 1 \dots N$ )を使用する。パターン領域または画像パターンはその位



(9)

15

置、たとえば、デカルト座標  $x_i/y_i$  によって識別することができる。参照部分である画像パターンは一つ以上のピクセル（画素）から構成される。使用する画像パターンの数はNである。各画像パターンにおける画像データは特徴的な色値によって特徴付けられる。

【0074】画像パターンが二つ以上のピクセルから成る場合、この画像パターンに割り当てられた色値は、その画像パターンの複数のピクセルの複数の色値から成る関数であってもよい。この関数は、たとえば、これらのピクセルの色値の中央値であってもよいが、画像パターンの周縁部にあるピクセルの色値と比べて中心部の色値への重み付けを大きくしてもよい。画像パターンの色値（たとえば、画像パターンの複数のピクセルの複数の色値から成る関数）をたとえば、RGBなどの色空間を用いて表してもよい。その場合には、画像パターンiの色値は  $r_i, g_i, b_i$  である。

【0075】画像上の点を指定して画像パターンを識別する場合には、その画像パターンは、その点のピクセルのみに相当してもよい。この画像パターンはその点を中心とする固定サイズの領域の平均値に対応づけられてもよい。この領域は、本発明のパターン認識方法に従ってユーザが指定したシードを領域成長させて得られたものであってもよい。

【0076】入力データ、すなわち、画像パターン、画像パターンの既存の色値、および画像パターンの目標色値に相当する置換色が揃えば、色補正用の変換Tを決定することができる。最初は変換Tは未知であるが、次式のように定義することができる。

【0077】

【数1】

$$\begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

【0078】式（1）では色値を  $r, g, b$  として表しているが、これは一例であり、その他の表示、たとえば、Lab表色系を選択してもよい。式（1）の変換Tにより  $r, g, b$  の値は新しいピクセル値  $r', g', b'$  に変換される。また必要に応じてより複雑な変換を用いてもよい。変換の例がG. WyszeckiおよびW. Stiles著書の「色科学：概念と方法、定量的データおよび公式」（Color Science: "Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", Wiley, 1982）に記載されている。たとえば、以下の変換処理を行ってもよい。

【0079】上記  $r, g, b$  値に単純に倍率をかける。このような補正はデジタルカメラに適用されることが多い。この場合、変換Tは行列の成分が増倍率に相当する対角行列である。

【0080】色値をある色空間から別の色空間へと変換

16

する。たとえば、 $r, g, b$  値をXYZ表色の値に変換してから、X、Y、Z値に倍率をかける。画像パターンの色値は、好ましくは一つの次元が輝度または明度を表し、その次元とは独立したその他の次元が色相および色調を表す色空間へと変換される。

【0081】変換により、 $r, g, b$  値またはその他の色値をLMS錐体応答値に変換し、得られた値に倍率をかける。

【0082】上述の色空間のいずれかにおいて一般的な  $3 \times 3$  の行列変換処理を行う。行列は色空間における回転、変形、または変位を表す。特に、その色空間の一つの次元が輝度または明度を表す場合、輝度の値を一定にして変換を行ってもよい。たとえば、変換は輝度または明度の軸を中心とする回転を表す行列であってもよい。

【0083】記憶色に対応する色値の分布に関連する記憶色のモデルは確率モデルである。各記憶色  $A_k$  ( $A_1$  = 中間色またはグレー、 $A_2$  = 青空、 $A_3$  = 人肌、 $A_4$  = 葉群) はその尤度によって定義される。

【0084】 $p(a, b | A_k) \dots (2)$

【0085】式（2）はパラメータ  $a, b$  で表された色値が記憶色に属する可能性を表す。以下に説明する例ではこのパラメータ  $a, b$  がLabベクトルの成分  $a, b$  に相当すると仮定する。式（2）は条件付き確率であり、記憶色  $A_k$  の条件下での色値  $a, b$  の確率を表す。

【0086】式（2）は、たとえば、複数の写真画像における記憶色の統計解析結果などの訓練データを表すのに必要な程度に複雑な形のものにすることができる。確率分布を2次元の多変量ガウス曲線により表すと好ましい結果が得られる。図4は「中間色」（実線）、「青空」（破線）、「人肌」（点線）、「葉群」（1点破線）の記憶色モデル（確率分布）の例を示す。図4においてガウス曲線は各記憶色の最高確率が50%となる線を示す。すなわち図4の実線上にある全ての色値  $(a, b)$  に対して  $p(a, b | A_1) = 0.5$  となっている。

【0087】以下では、画像パターンの変換した色値と画像パターンに割り当てられた置換色の確率分布の色値との一致が最高となるような変換処理を求める最適化方法またはアルゴリズムについて説明する。

【0088】変換Tは  $3 \times 3$  行列の対角成分を表す所定数のパラメータ（たとえば、倍率  $r_f, g_f, b_f$ ）により特徴付けられる。画像パターンとその色値が検出されると、変換されたピクセル  $r'_i, g'_i, b'_i$  が、対応する記憶色  $A_j$  を最適に再現するように、検出および位置確認を行った画像パターンiの入力色値  $r_i, g_i, b_i$  からこれらのパラメータを決定する。

【0089】ここでいう「最適」の程度は、Lab色空間の  $a$ - $b$  色平面を用いて定義してもよい。Lab色空間の成分は  $L^*, a^*, b^*$ （図4参照）として表すこともできる。これらの成分はCIELab表色系に関連するものである。K. T. oepferおよびR. Cookinghamによる心理学研究論文「記

(10)

17

憶色演色の定量性」(“The Quantitative Aspects of Color Rendering for Memory Colors”, in IST PICS2000 Conference, p. 94~98, 2000, MS)には、Lab色空間が記憶色、従って置換色、を定義するのに適していることが記載されている。

【0092】

$$a'_i = f_a(r'_i, g'_i, b'_i) = f_a(T_\theta(r_i, g_i, b_i)) \quad \dots (3)$$

$$b'_i = f_b(r'_i, g'_i, b'_i) = f_b(T_\theta(r_i, g_i, b_i)) \quad \dots (4)$$

【0093】式(3)、(4)において、 $f_a$ 、 $f_b$ は使用するRGB(たとえば、sRGBまたはAdobe RGB)色空間におけるa、b値を計算するための関数を表す。

【0094】 $a'_i$ 、 $b'_i$ と記憶色モデル、すなわち式

(2)により定義される確率分布を用いて、全確率を必要に応じて計算することができる。個々の確率の積として得られる全確率は、全ての画像パターンを考慮することができる。

【0095】

【数2】

$$p(D|\theta) = \prod_{i=1}^N p(a'_i, b'_i | m_i) \quad \dots (5)$$

【0096】全確率 $p(D|\theta)$ は全ての画像パターンの変換された色値が画像パターンにそれぞれ割り当てられた記憶色を表す確率を全体的に表す。パラメータDは入力データ、すなわち、画像パターン、画像パターンの色値、および画像パターンに割り当てられた置換色を示す。従って全確率 $p(D|\theta)$ は変換パラメータ $\theta$ の条件下における入力データDの条件付き事前確率を示す。

【0097】Bayesの式によれば、条件付き事後確率は次式により得られる。

$$p(\theta|D) \propto p(D|\theta) \cdot p(\theta) \quad \dots (6)$$

【0098】事後確率 $p(\theta|D)$ は、入力データDの条件下における変換パラメータ $\theta$ の確率を表す。つまり、変換パラメータ $\theta$ が正しい変換処理を表す見込みを示す。このため、 $p(\theta|D)$ は上述の「一致度」の尺度となる。この事後確率に基づいて、色補正を最適化することができる。最適化は式(6)の最大値を求めることで実行できる。記憶色モデルおよび事前モデルが多変量ガウス曲線である場合、この確率は凸状であり、その最大値は勾配降下法により効率的に求めることができる。勾配降下法は非線形関数に用いる最適化方法(数値計算法)であり、検索空間において逐次より低い(本例ではより高い)点へと移動して最小値(本例では最大値)を求める方法である。

【0099】画像データの色補正に関する上記事前情報 $p(\theta)$ とは、一般的情報、または画像に依存した情報であつてもよい。「一般的」事前情報の例を以下に示す。

【0100】撮像プロセスに使用する装置のスペクトル

18

\*【0090】ある変換 $T_\theta$ ( $\theta$ はその変換処理のパラメータを表す)を用いて、画像パターンiのa、b値を次式により計算することができる。

【0091】

10 または色の特徴、たとえば、デジタルカメラのスペクトルまたは色の特徴およびデジタル画像データを得るために走査する特定の種類のフィルムなどの情報である。たとえば、デジタルカメラは色感度の特徴的な系統的偏りを有する場合がある。

【0101】撮像プロセスに使用する装置に必要な補正の程度に関する情報である。たとえば、他のデジタルカメラと比べて色補正の必要性が高いといったような情報である。

20 【0102】上述の「一般的」事前情報のほかに、その他の情報、たとえば、「画像に依存した」事前情報を用いることも可能である。この「画像に依存した」事前情報の例を以下に示す。

【0103】画像データの色補正を行う前に得られる、画像データ処理に必要なアルゴリズムの特徴および/または欠点に関する情報である。たとえば、自動色補正アルゴリズムまたは色の恒常性のアルゴリズムに基づいて処理を行う場合には、これらのアルゴリズムの精度は既知であり、事前情報に相当する。これらのアルゴリズムの精度が既知である場合には、 $p(\theta)$ を決定する、本発明による色補正の程度の上限を推定することができる。

【0104】画像データから推定した付加的情報である。たとえば、画像を類別し、ある特定の類に属する画像の色の見えには、所定の系統的偏りがあるため、この偏りを用いて $p(\theta)$ を決めることができる。たとえば、夕焼けの画像、人物画像、などに類別してもよい。

【0105】色補正の事前情報は常に確率分布 $p(\theta)$ として表され、また式(6)による推定に用いることができる。

40 【0106】本発明の色補正方法は好ましくは、カラーマネジメント方法、または、好ましくはカラーマネジメント手段を備えた本発明の色補正装置と併用される。上述の、変換の最適化処理は原則として、順方向モデルを用いた最適化である。つまり、色変換Tは変更(変換)色値が、理想的な記憶色のモデル、すなわち置換色に対応する色分布の色値、に最適に一致するまで変更される。

【0107】基本的な作業の流れでは、この一致は標準化された色空間(たとえば、 $L^*a^*b^*$ 色空間の $a^*b^*$ 平面)において行われる。しかしICCプロファイルなどの既知のカラーマネジメントプロファイルの有する所定の出力

50

(11)

19

手段（たとえば、ミニラボ）にその画像が後で送られるという情報が既知である場合には、好ましくはこの情報が最適化処理に用いられる。

【0108】ここで、カラープロファイルとは、出力手段に入力される入力データの色値と出力手段（出力装置）により出力される色値とを関連づけるものである。たとえば、出力手段に入力された画像データが色値をRGB値として表し、出力手段の出力信号により表されるこれらの色値がLab値である場合には、このカラープロファイルは入力RGB値と予想される出力Lab値との対応関係に関する情報を有する。このLab値はたとえば、出力手段であるプリンタの印刷出力を光学的に分析して測定されるLab値に相当する。この最適化のステップにより出力手段から出力される記憶色（印刷出力上の記憶色）の再現が最適化される。

【0109】図6（a）は本発明による基本的な最適化ループを示す図である。本発明の色補正においてデータ $r$ 、 $g$ 、 $b$ は入力されると、色補正変換 $T$ により補正され色値 $r'$ 、 $g'$ 、 $b'$ 値が得られる。これらの色値を色空間変換し、 $L^*a^*b^*$ 色値が得られる。置換色または理想の $a^*b^*$ 値に関する情報を表す記憶色モデル（色分布）から、図6（a）に示すように、色空間変換後に得られた $a^*b^*$ 値が理想の $a^*b^*$ 値と一致するかどうかを確認される。色補正変換 $T$ はこの一致が最適になるまで変更される。これはたとえば、図7が示す最適化ループのように反復して行われてもよい。

【0110】色補正変換 $T$ および色空間変換は、色補正変換 $T$ および色空間変換の両者から成る変換 $T'$ により表すことができる。そして、最適化ループにおいて（全体的な）変換 $T'$ が最適化される。

【0111】図6（b）も順方向モデル化による最適化を表す。図6（a）の基本的な最適化処理に既知の出力手段のカラーマネジメントを併用したものである。ここでは全体的な変換 $T'$ は、色空間変換ではなく、カラーマネジメント変換である。もちろん、別の実施例において、全体的な変換 $T'$ はカラーマネジメント変換と、色空間変換の両者から成ってもよい。さらに、色補正変換と、カラーマネジメント変換または色空間変換との順序を変えてもよい。たとえば、色空間変換またはカラーマネジメント変換を、色補正変換の後に行ってもよい。

【0112】カラーマネジメント変換は、出力手段からの予想出力値を得るために、 $r'$ 、 $g'$ 、 $b'$ 色値にカラープロファイルを適用する操作に相当する。たとえば、出力手段がプリンタである場合には、カラーマネジメント変換によりプリンタによりプリント上に出力されると予想される $L^*a^*b^*$ 色値が得られる。そして図6（a）のように、変換された色値と記憶色モデルから得られる色値（理想的 $a^*b^*$ ）との間の一致度が確認される。

【0113】カラーマネジメント変換に加えて、またはその代わりに、色の見え変換を図6（a）または（b）

20

に示す最適化ループに組み込むことも可能である。この場合には、全体的な変換 $T'$ は、色補正変換 $T$ のみならず、少なくとも色の見え変換からさらに成ることになる。色の見え変換は色の見えモデルを表す。図6（b）において色の見え変換がカラーマネジメント変換を置き換える場合には、理論色（基本的最適化）または紙上の色（基本的最適化とカラーマネジメントモデル）の代わりに、MCPCCにより知覚色が最適化される。

【0114】図6（b）のカラーマネジメントエンジン10をMark Fairchildの著書「色の見えモデルとCIECAM97s」に記載されているCIECAM97s（“Color Appearance Modeling and CIECAM97s”, Tutorial Notes (CIC99), 1999, Armin Kndig）などの色の見えモデルで置き換えることで色の見え変換を容易に組み込むことができる。色の見えモデルを表す色の見え変換は、色補正によって出力される色値を、人間が色を知覚する際の典型的条件に好ましくは合わせる。

【0115】たとえば、色値を、典型的な照明の種類（たとえば、AまたはD65）や、写真アルバムの背景色などの、画像を見る際の典型的な背景色に応じて調整してもよい。また、印刷媒体の種類に応じて色値を調整してもよい。たとえば、光沢の有無などの媒体の種類は色の知覚に影響を与える場合がある。さらに、照明の強度（明るさ）が人間の色覚を左右する場合もあり、たとえば、画像を見るときに典型的照明強度に色補正を適応させてもよい。

【0116】本発明による色補正は、人間がその画像パターンに見えると予測する記憶色を通常有する画像パターンを少なくとも一つ検出することで実現される。

【0117】図7は、本発明の一つの側面に従って補正を行う写真画像処理装置、または本発明に従って動作する色補正装置の構造を概略的に示す。受信手段100は画像データを受信し、選択手段200へと送る。受信手段100は、たとえば、モデムまたはネットワークであってもよい。選択手段200はたとえば、少なくとも一つの画像パターンを選択する処理部を備えていてもよく、画像パターンを割り当て手段300へと送る。割り当て手段300はメモリまたは記憶手段などの供給手段400にアクセスする。供給手段400は要求に応じて対応する上記画像パターンの記憶色、または記憶色の色分布を割り当て手段300に供給する。

【0118】割り当て手段300は、適切な記憶色または色分布を対応する上記画像パターンに割り当てる。上記画像パターンと割り当てられた記憶色または記憶色分布は割り当て手段300から決定手段500へと送られる。決定手段500は、たとえば、上述の最適化ループを介して変換を決定する。決定された変換が変換手段500へと送られる。変換手段600は受信手段100から画像データを受信し、画像データを上記変換に従って変換して補正画像データを得る。補正画像データは本発

(12)

21

明の写真画像処理装置または色補正装置から出力される。

【0119】本発明に3次元対象物検出用の統計的手法を用いることも可能である。ヒストグラムの積を用いた画像パターンの外観、および「非画像パターン」の外観に関する統計量を使用してもよい。各ヒストグラムは、ウェーブレット係数の部分集合と画像パターンにおけるそれらの位置との同時統計量を表す。この方法は多種の視覚属性を表すヒストグラムを多数用いるものであり、面外回転により人間の顔を確実に検出することができる。

【0120】この手法の主な課題は視覚的外観の変動である。たとえば、人によって顔の形状、大きさ、色相、およびその他の特徴は異なる。視覚的外観は周りの環境によっても変化する。光源の、強度、色、および画像パターンに対する位置も異なる。近接する画像パターンが対象画像パターンに影を落したり、余分な光を反射したりする場合もある。画像パターンの外観は、その配置、つまりカメラに対する位置と方向にもよる。たとえば、人間の横顔は正面から見たときとは大きく異なる。従って、これら全ての変動に十分適応し、かつ対象となる画像パターンを視覚世界に存在し得るいずれの画像パターンからも区別することができる画像パターン検出方法が必要となる。

【0121】このような画像パターン検出方法では、2段階の画像パターン検出を行う。配置の変動に対応するために、それぞれが画像パターンの特定の方向に対応する複数の検出器を用いた、方向ベースの方法を用いる。その他の変動には、これらの検出器のそれぞれにおいて統計的モデル化を行うことで対応する。

【0122】たとえば、一方の検出器は右または左の横\*

$$\frac{P(\text{image} | \text{object})}{P(\text{image} | \text{non-object})} > \lambda$$

【0127】尤度比(左辺)が右辺よりも大きい場合には、画像パターンが存在すると判断する。

【0128】この尤度比検定はBayesの決定則(MAP決定則)と同等であり、 $P(\text{image} | \text{object})$ および $P(\text{image} | \text{non-object})$ の表現が正確であれば最適となる。以下にはこれらのモデルに用いる関数の形について詳細に説明する。

【0129】各式において、画像パターンと、非画像パターンをそれぞれ対象物(object)または非対象物(non-object)という用語で表す。

【0130】 $P(\text{image} | \text{object})$ および $P(\text{image} | \text{non-object})$ のモデル作成は、画像パターン、またはそれ以外の世界の見えに関する統計的特徴が未知であるため難しい。たとえば、実際の分布が、ガウス(Gaussian)分布なのか、ポアソン(Poisson)分布なのか、それとも多モード分布なのかは未知である。これらの特徴が未知な

22

\*顔専用で、もう一方は正面の顔専用であってもよい。これらの方向ベースの複数の検出器は並行して用いられ、それらの結果が統合される。人間の顔にはたとえば、正面用と右横顔用などの、方向ベースの検出器が二つ用いられる。左横顔を検出するためには、右横顔検出器を、鏡像化した入力画像に使用すればよい。各検出器は所定の方向の画像パターンのみを検出するように構成されていてもよいが、さらに、四角形の画像ウィンドウ範囲内の所定の大きさを有する画像パターンを検出するようにしてもよい。

【0123】従って、画像パターンまたは顔が画像のどこに位置していても検出することができるように、四角形のウィンドウが取り得る全ての位置で検出器を繰り返し適用する。そして、画像パターンの大きさに関わらず検出ができるように入力画像の大きさを反復して変更し、大きさを変更した画像に検出器を繰り返し適用する。

【0124】各検出器に用いる統計的決定則の基本的な形は同一である。これらの検出器は、互いに異なる画像群から収集した統計量を使用している点のみにおいて相違する。

【0125】方向ベースの検出器に対してそれぞれ二つの統計分布モデルを作成することができる。これらは、所定の画像パターンの統計量 $P(\text{image} | \text{object})$ のモデル、および、「非画像パターン」類と呼ばれる、画像パターン以外の視覚世界の統計量 $P(\text{image} | \text{non-object})$ のモデルである。そして、尤度比検定により検出結果が出る。

【0126】

【数3】

$$\left( \lambda = \frac{P(\text{non-object})}{P(\text{object})} \right) \quad \dots(7)$$

のは、多数のピクセルについて同時分布を解析することが困難であるからである。

【0131】ここで、あらゆる構造に適応する柔軟なモデルを選択することが重要である。ヒストグラムは、メモリベースの方法とほぼ同等に順応性があるが、表検索により確率を求める、よりコンパクトな表現を用いるものである。ヒストグラムの推定には単純に訓練データ中に各属性値が出現する頻度を計測すればよい。得られた推定は、統計的に最適であり、偏りがなく、無矛盾であり、またCramer-Raoの下界を満足させる。

【0132】ヒストグラムの主な欠点は、画像の外観を表すために使用できる計測値が比較的少ないことにある。この限界を解決するために、多数のヒストグラムを用いる。ここで各ヒストグラム $P_k(\text{image} | \text{object})$ は、ある所定の視覚属性 $\text{pattern}_k$ に属する外観の確率を表す。なお、 $\text{pattern}_k$ は低周波数成分などのある選択さ

(13)

23

れた視覚的特徴を表す確率変数である。外観を複数の視覚属性に分割する必要があるが、その場合には、異なる複数の属性の確率を統合する必要がある。

【0133】異なる複数の属性の確率を統合するために、以下の積を求める必要がある。ここでは類条件付き\*

$$P(\text{image} | \text{object}) = \prod_k P_k(\text{pattern}_k | \text{object}) \quad \dots(8)$$

【0135】

※ ※ 【数5】

$$P(\text{image} | \text{non-object}) = \prod_k P_k(\text{pattern}_k | \text{non-object}) \quad \dots(9)$$

【0136】 $P(\text{image} | \text{object})$ および $P(\text{image} | \text{non-object})$ の表現を構成する際には、画像パターンまたは対象物、および非画像パターンまたは非対象物のいずれについても、属性 ( $\text{pattern}_k$ ) が統計的に独立していると絶対的に仮定する。

【0137】視覚的外観を異なる属性に分解するためには、画像のどの測定値で統合モデルを作成し、またどの測定値で独立モデルを作成するかを決定する必要がある。二つの変数の統合関係により対象物または画像パターンをそれ以外の世界から識別できるようであれば、統合モデルを作成するのが好ましい。効果が不明な場合には、モデルを全く作成しないよりは、それらの変数を独立させてモデルを作成するのが恐らくよい。

【0138】顔およびその他の画像パターンについては空間、周波数および方向に局在する視覚的情報の統合モデルを作成する必要がある。従って、これらの次元へと視覚的外観を分解する必要がある。対象物またはパターン領域の外観の各視覚属性が、空間的に局所化した対象物上の領域を表すように外観を分解する必要がある。これにより、各ヒストグラムの限られたモデル化能力が、より少量の視覚的情報に集中する。

【0139】顔および車を検出する重要な手がかりには多種の大きさがあるため、スケールの異なる複数の属性が必要となる。このような属性は空間および周波数の両者に同時に分解をすることで規定される。低周波数は広い領域を占有し、高周波数は狭い領域を占有するため、広い空間範囲の属性は低周波数を表すように定義され、狭い空間範囲の属性は高周波数を表すように定義される。

【0140】狭い空間範囲を対象とする属性は高解像度であり、目、鼻、および口などの顔の狭い特有の領域を捕えることができる。低い解像度でより広い領域として定義される属性はその他の重要な手がかりを捕えることができる。たとえば、顔でいえば、眼窩よりも明るい額等などの手がかりである。

【0141】さらに、方向別に分解される属性もある。たとえば、水平な特徴に特殊化された属性を用いれば、垂直な特徴についても表す場合と比べて、水平な特徴に対する表現能力がより大きくなる。

【0142】さて、対象物または画像パターンを空間的

24

\* 確率関数をそれぞれをヒストグラムの積として近似する。

【0134】

【数4】

に分解するからといって、分解部分同士の関係を全て無視するわけではない。分解部分同士の空間的關係は検出の重要な手がかりとなる。たとえば、人間の顔では、目、鼻、および口などの属性サンプルは決まった幾何学的配置を有する。これらの幾何学的特徴をモデル化するためには、対象物に固定された座標フレームに対する各属性サンプルの位置を表現する必要がある。

【0143】この表現により各サンプルの、その他全てのサンプルに対する位置を知ることができる。この表現では、各モデルのヒストグラムが属性と属性位置の同時分布  $P_k(\text{pattern}_k(x, y), x, y | \text{object})$  および  $P_k(\text{pattern}_k(x, y), x, y | \text{non-object})$  となる。属性位置  $x, y$  は四角い画像ウィンドウごとに測定する。ただし、モデル化のコストを下げ、また分解部分の幾何学的配置の小さな変動に絶対的に対応できるように、属性位置は画像の初期解像度ではなく、より粗い解像度で表現することも可能である。

【0144】空間、周波数および方向に局所化した視覚属性を作成するためには、これらの次元に局所化した情報を、容易に選択できるようにする必要がある。そのため、画像を空間、周波数、および方向に同時に局所化された表現に変換するのが好ましい。従って、画像のウェーブレット変換を行うのが好ましい。

【0145】空間、周波数および方向への分解に使用可能なのはウェーブレット変換だけではない。短期フーリエ変換やピラミッドアルゴリズムでもこのような表現を作成することができる。ただし、これらの変換に比べて、ウェーブレット変換では、変換係数の数が画像の初期ピクセル数に一致するため、変換によって画像を完全に再構成することができるため、冗長性がない。

【0146】ウェーブレット変換は画像を方向および周波数において局在化するサブバンドに編成する。各サブバンドの範囲内では、係数がそれぞれ空間的に局在化している。ウェーブレット変換ではG. StrangおよびT. Nguyen著書の「ウェーブレットとフィルタバンク」(Wavelet and Filter Banks, Wellesley-Cambridge Press, 1997)に記載されるように、5/3線形位相フィルタバンクを使用した3階層分解により10個のサブバンドを図8に示すように作成する。

【0147】変換において一つ高い階層は1オクターブ

(14)

25

高い周波数を表す。階層1の係数は、階層2の係数の領域の4倍を表し、階層2の係数は階層3の係数の領域の4倍を表す。LHは、水平方向の低域フィルタ処理と垂直方向の高域フィルタ処理、すなわち水平の特徴を示す。同様に、HLは垂直の特徴を示す。

【0148】視覚属性は、この表現に基づいて特定される。各属性は変換係数の移動ウィンドウをサンプリングするように定義される。たとえば、ある属性を階層3のLHバンドの係数の3×3ウィンドウを表すように定義してもよい。この属性は原画像の小さな範囲を占める高周波数の水平パターンを表す。別のパターン群が2番目の階層のLHおよびHLバンド内の空間的に登録された2×2ブロックを表してもよい。これは、画像のより大きい空間範囲を占める中間周波バンドを表す。

【0149】各属性は有限数の値のみを受け入れることができるため、サンプリングしたウェーブレット係数のベクトル量子化の計算を行う必要がある。ヒストグラム binの数をたとえば、100万個未満にするためには、x、y（位置）に対して併せて約100個の計数値が得られるため、各属性を、1万個以下の計数値を用いて表す必要がある。そのためには、各視覚属性は1度に8個のウェーブレット係数をサンプリングするように定義され、また各係数を3階層へと量子化する。この量子化により $3^8 = 6,561$ 個の計数値が各視覚属性について得られる。

【0150】全体的には、以下のいずれか一つの方法によりウェーブレット変換を8個の係数から成る複数のグループへとサンプリングする17個の属性をたとえば、使用する。

【0151】A：サブバンド内

全ての係数が同一のサブバンドに属する。周波数および方向において最も局在化している視覚属性がこれらである。このような属性が7個（つまり階層1LL、階層1LH、階層1HL、階層2LH、階層2HL、階層3LH、階層3HL）のサブバンドによって定義される。

【0152】B：周波数間

\*

$$\frac{\prod_{x,y \in \text{region}} \prod_{k=1}^{17} P_k(\text{pattern}_k(x,y), x,y | \text{object})}{\prod_{x,y \in \text{region}} \prod_{k=1}^{17} P_k(\text{pattern}_k(x,y), x,y | \text{non-object})} > \lambda \quad \dots(10)$$

【0159】式(10)で、「region」は類別される画像ウィンドウを示す。

【0160】つぎに、 $P_k(\text{pattern}_k(x,y), x,y | \text{object})$ および $P_k(\text{pattern}_k(x,y), x,y | \text{non-object})$ の実際のヒストグラムを展開させる必要がある。統計量を収集する際にまず問題となるのは「非対象物」(non-object)または非画像パターンの類の学習例の選択である。概念的にこの類は、対象物以外の、実在する全てのものの視覚的外観を表す。類別を正確に行うためには、対象

26

\* 同一の方向に属するが、複数の周波数バンドに属する係数である。これらの属性はエッジなどの、複数の周波数を張る視覚的手がかりを表す。このような属性が6つ、サブバンド対（すなわち、階層1LL-階層1HL、階層1LL-階層1LH、階層1LH-階層2LH、階層1HL-階層2HL、階層2LH-階層3LH、階層2HL-階層3HL）を用いて定義される。

【0153】C：方向間

同一の周波数バンドに属するが、複数の方向バンドに属する。これらの属性は、たとえば、隅などの、水平成分と垂直成分とを有する手がかりを表す。このような属性がサブバンド対（すなわち、階層1LH-階層1HL、階層2LH-階層2HL、階層3LH-階層3HL）を用いて3個決定される。

【0154】D：周波数間/方向間

この組み合わせは複数の周波数および方向を張る手がかりを表す。複数の係数を統合するこのような属性は、階層1LL、階層1LH、階層1HL、階層2LH、および階層2HLのサブバンドによって定義される。

【0155】空間一周波数分解では、階層1の係数を用いる属性は、狭い低周波数範囲に対応する広い空間範囲を表す。階層2の係数を用いる属性は中間の周波数範囲に対応する中型の空間範囲を表し、階層3の係数を用いる属性は広い高周波数範囲に対応する狭い空間範囲を表す。

【0156】そして、対象物の全範囲にわたって、サンプル同士が部分的に重なり合うように各属性が一定間隔でサンプリングされる。これは検出の決定に最大限の情報をを用いることができるように行う。たとえば、目や鼻などの顕著な特徴は顔検出には非常に重要であるが、頬や顎などのその他の領域も前者ほどではないにせよ、役には立つ。

【0157】従って、検出器の最終的な形は次式によって定義される。

【0158】

【数6】

物と間違われる可能性が最も高そうな非対象物サンプルを使用することが重要である。

【0161】この概念は、V.N. Vapnik著書の「統計的学習理論」(The Nature of Statistical Theory, Springer, 1995)に記載されるように、判断境界付近のサンプルを選択するサポートベクトルマシンに似ている。このようにして選択したサンプルにブートストラッピングという方法を適用することができる。ブートストラッピングでは、非対象物画像群からランダムに選択した複数



(15)

27

のサンプルを使用して  $P_k(\text{pattern}_k(x, y), x, y \mid \text{non-object})$  を推定することで予備検出器を学習させることができる。そして、この予備検出器を用いて、対象物を含まない約2000個の画像群を測定して、応答が高かった領域をサンプルとしてさらに選択する。

【0162】統計量  $P_k(\text{pattern}_k(x, y), x, y \mid \text{object})$  を対象物の画像から収集する。顔を見る視点のそれぞれについて2000個の原画像を用いる。さらに各原画像に対して、背景景色の変更と、アスペクト比、方向、周波数、および位置に小さな変更を加えて400個程度の変形画像を合成する。

【0163】これらの学習例に使用する統計量は複数の手法により収集することができる。本実施例の顔検出器では、Y. FreundおよびR. E. Shapireの論文「オンライン学習の決定理論一般化およびブースティングへの適用」(“A Decision-Theoretic Generalization of On-Line Learning and an Application to Boosting”, Journal of Computer and System Sciences, 55:1, p. 119~139, 1997) と、R. E. ShapireおよびY. Singerの論文「信頼格付けされた予測を用いたブースティングアルゴリズムの改良」(“Improving Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions”, Machine Learning 37:3, p. 297, 336, December, 1999) に記載されるAdaBoostアルゴリズムを用いて学習群の類別誤差を最小にする。

【0164】AdaBoostアルゴリズムは反復処理を伴う。まず検出器は全ての学習例に同じ重みを割り当てて学習する。つぎに検出器は反復により学習しなおす。各反復において、前回学習した際に誤って類別した学習例に対して重みが付けられる。このプロセスにより、類別誤差が減少していく。

【0165】この手法は、粗段階から精段階への発見的解決法である。最初に可能性のある対象物の位置のそれぞれの尤度比が低解像度の視覚属性、すなわち階層1の係数を用いる属性、を用いて部分的に計算される。続いて、有望な、つまり、上記の部分的な評価の最低閾値を超える画像パターン候補について、より高解像度な評価が行われる。

【0166】色値の補正を行うための変換は、好ましくは少なくとも一つの画像特性に依存して、色値に可変的に適用される。補正は、好ましくは局所的に重み付けられている。重み付けにはマスクを用いることができる。マスクの要素は画像の局所部分、たとえば、1ピクセルまたは複数の隣接ピクセルに対応し、それら要素は局所部分の画像特性(たとえば、明度)を好ましくは表現する。重み付けは少なくとも一つの画像特性に対して行わ

28

れる。この画像特性は好ましくは輝度(明度)である。代わりに、またはさらに、画像特性は(局所)コントラスト、色相、色飽和度、カラーコントラスト、鮮鋭度などであってもよい。発明者は特に輝度に依存する重み付けにより明るい領域に生じるカラーキャストを防ぐことを見出した。

【0167】重み付けは好ましくは、低または高輝度の領域よりも中間または平均の輝度の領域において補正が行われる(補正の程度がより高くなる)ように実行される。上述の重み係数が0~1の間の値を取る場合、重み係数は低輝度においてはゼロまたはゼロに近い。重み係数は中間の輝度に近づくにつれて大きくなり、中間から高輝度にかけては低下するのが好ましい。最高または最高可能輝度において補正率は好ましくは約ゼロまたはゼロである。輝度に基づいて重み係数を計算するために使用する関数としては、中間輝度の周辺に最大値を有する逆放物関数であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による顔検出の精検出段階を説明するフローチャートである。

【図2】デジタル画像から識別される顔のピクトグラムの一例を示す図である。

【図3】デジタル画像から識別される顔のピクトグラムの別の一例を示す図である。

【図4】「中間色」(実線)、「青空」(破線)、「人肌」(点線)および「葉群」(一点破線)の記憶色モデルを示す図である。

【図5】一般的なデジタルカメラ(上部)と、特定の機種(Kodak DC 210 zoomデジタルカメラ、下部)の事前情報分布  $p(\log(rf), \log(gf))$  を示す図である。

【図6】(a)は、本発明の基本的実施例による、順方向モデル化を介した最適化を説明する図である。(b)は、上記基本的実施例に既知の出力手段用のカラーマネジメントを適用した、順方向モデル化を介した最適化を説明する図である。

【図7】本発明の別の実施例による色補正装置に相当する写真画像処理装置の構造を概略的に示す図である。

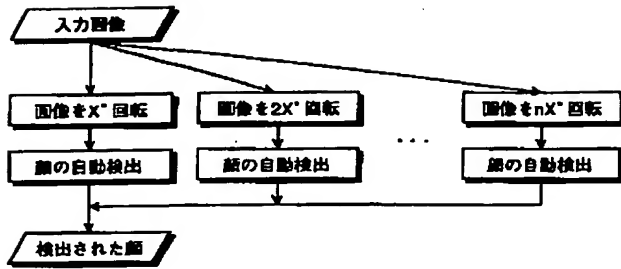
【図8】3階層・10サブバンド分割のウェーブレット変換による画像表現を示す図である。

【符号の説明】

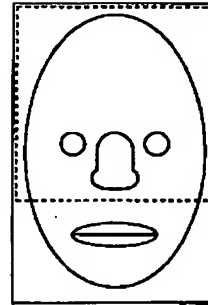
- 100 受信手段
- 200 選択手段
- 300 割り当て手段
- 400 供給手段
- 500 決定手段
- 600 変換手段

(16)

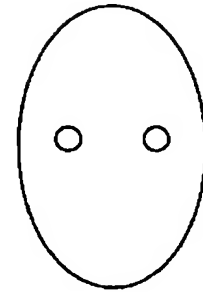
【図1】



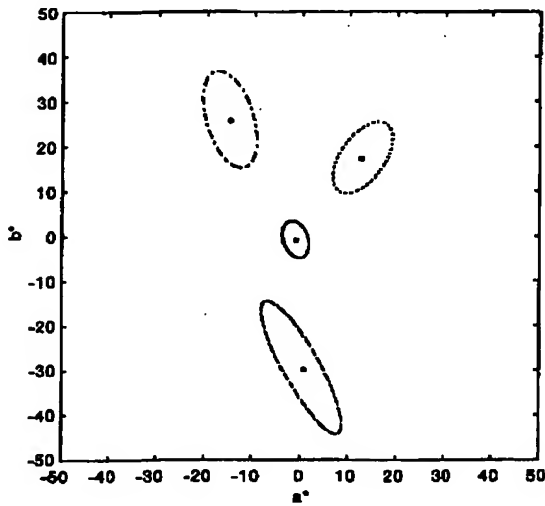
【図2】



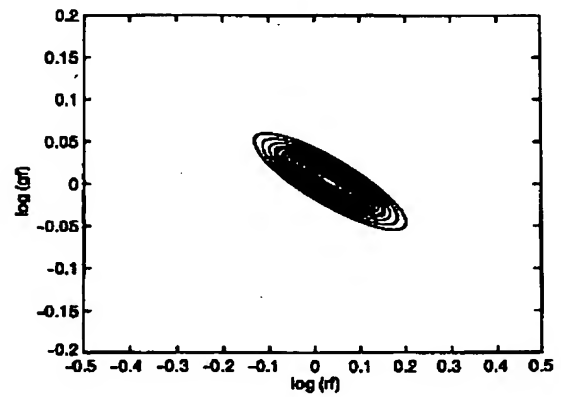
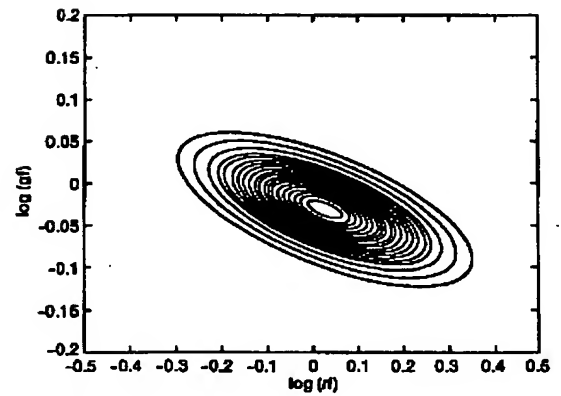
【図3】



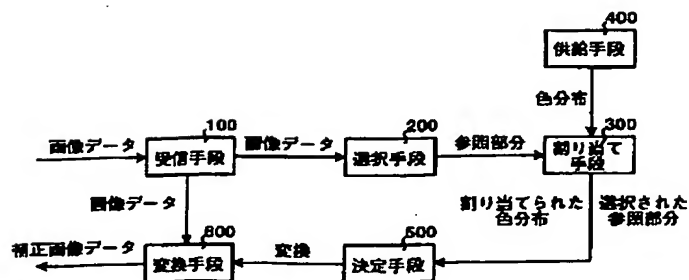
【図4】



【図5】

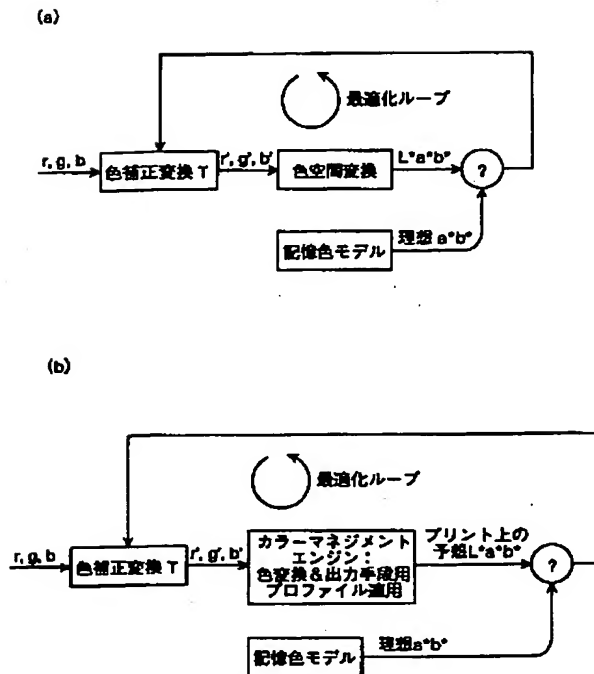


【図7】



(17)

【図6】



【図8】

L1 LL	L1 HL	level 2 HL	level 3 HL
L1 LH	L1 HH		
level 2 LH		level 2 HH	level 3 LH
			level 3 HH

フロントページの続き

(72)発明者 ミカエル シュレーダー  
 スイス国, 8038 チューリッヒ, レンゲル  
 ストラーセ 17

Fターム(参考) 5B057 BA11 CC03 CE17 DA07 DA08  
 DB06 DB09 DC23 DC25  
 5C077 MP08 PP32 PP36 PP37 PP46  
 PP55 PP58 PQ18 PQ19  
 5C079 HB01 HB08 LA02 LB01 NA06  
 5L096 AA02 CA02 FA64 FA69 JA11



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-279416

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

G06T 1/00  
G06T 7/00  
H04N 1/46  
H04N 1/60

(21)Application number : 2002-034678

(71)Applicant : GRETAG IMAGING TRADING AG

(22)Date of filing : 12.02.2002

(72)Inventor : NAEF MARKUS  
HELD ANDREAS  
SCHROEDER MICHAEL

(30)Priority

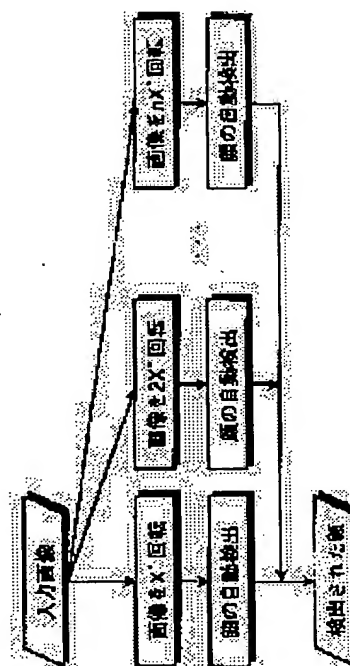
Priority number : 2001 01103070    Priority date : 09.02.2001    Priority country : EP

## (54) METHOD AND DEVICE FOR CORRECTING COLOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and device for correcting colors of digital photograph image including pattern areas or image patterns, having predictable known colors or stored colors.

**SOLUTION:** In a first step, the presence, position and preferably the dimension of at least one pattern area or image pattern are detected. In a second step, colors existing in the detected pattern area or image pattern are measured. In a third step, at least one replacement color (stored color) value is allocated to the pattern area or image pattern. In a fourth step, the measured existing color is replaced by the replacement color, and the colors in the image pattern or image area are corrected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] How to amend a color containing at least one pattern space or an image pattern which has a color (memory color) of common knowledge which can be expected characterized by providing the following of photograph \*\* changed into digital representation (a) They are said at least one pattern space or existence of an image pattern and a location, and the step that detects a size preferably. (b) A step which measures the existing color which exists in detected said at least one pattern space or an image pattern (c) A step which supplies a value (memory color) of at least one substitute color relevant to said at least one pattern space or an image pattern (d) A step which replaces said measured existing color with a value of said at least one substitute color, and amends a color of said image pattern or an image field

[Claim 2] A method according to claim 1 characterized by correcting a value of a pattern space which measured a value (memory color) of said at least one substitute color, and deflection between said existing colors, and was detected based on said deflection, or the existing color of an image pattern.

[Claim 3] A method according to claim 2 characterized by correcting all the existing colors that exist in an image based on said deflection.

[Claim 4] A method according to claim 1 characterized by measuring the average of said at least one detected pattern space or a color value of an image pattern, and using said average as said existing color.

[Claim 5] A method according to claim 1 characterized by assigning said existing color which determined and measured a value (memory color) of said substitute color based on distribution of said at least one pattern space or a color value (memory color) relevant to an image pattern.

[Claim 6] A method according to claim 1 characterized by opting for transform processing for changing the existing color value based on a value of said corresponding substitute color.

[Claim 7] A method according to claim 1 characterized by using a value of a color after substitute as a value of the existing color, and amending the existing color of the repeat aforementioned pattern space.

[Claim 8] A method according to claim 1 characterized by detecting a location of said pattern space or an image pattern by registering a basic pattern of a record object beforehand and detecting said basic pattern from said photograph.

[Claim 9] A method according to claim 8 characterized by for said pattern space or an image pattern being human being's face, and said basic pattern being the face of human being to whom it was expressed with gestalten, such as a pictogram.

[Claim 10] A method according to claim 5 characterized by using color distribution acquired from said

pattern space which has distribution of a color of common knowledge equivalent to a memory color which can be expected, and/or a color of common knowledge which can be expected.

[Claim 11] A method according to claim 5 characterized by choosing one distribution judged to be in agreement with a value (memory color) of a substitute color corresponding to said existing color from two or more distribution.

[Claim 12] A method according to claim 5 characterized by using additional information about record of lighting conditions, distance conditions, etc. as additional data used for color correction.

[Claim 13] (a) A step which supplies at least one distribution group of a color value (memory color) in a predetermined color space, (b) A step which assigns one distribution to said at least one image pattern out of said distribution group, respectively, (c) A method according to claim 6 characterized by a color value of said at least one image pattern containing further a step which opts for transform processing for changing so that it may be in agreement with said assigned distribution.

[Claim 14] A method according to claim 6 characterized by performing said method to a digital photograph which finally performed color correction repeatedly.

[Claim 15] It is the method according to claim 6 characterized by to determine that transform processing will optimize a function which unifies mathematically whenever [ said coincidence / which a value of a substitute color corresponding to said existing color was determined according to optimization processing, and said optimization processing computed whenever / with a changed color value and a color value of assigned distribution in each pattern space / coincidence /, and was computed about each pattern space / all ].

[Claim 16] Said distribution is a method according to claim 15 characterized by defining probability for a changed color value to express said substitute color, and computing whenever [ said coincidence ] based on said probability.

[Claim 17] A method according to claim 6 characterized by determining that said transform processing will include vanity conversion of a color which models vanity of a color value of said image data by human being who looks at amended image data.

[Claim 18] Equipment characterized by having (a) image data input section, (b) image-data-processing section, and the image data-logging section for recording (c) image data in an image processing system for processing image data, and said image-data-processing section performing a method according to claim 1.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So, the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

**[0001]**

[The technical field to which invention belongs] This invention is the the best for the face image of the digital representation which has the color of the common knowledge which can be expected especially about the method of amending the color of the photograph containing at least one pattern space. Furthermore, this invention relates to the image processing system which used the above-mentioned method.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] A photograph is recorded by photograph recording devices, such as cameras (a still camera, an animation camera, a video camera, a digital camera, film camera, etc.). The image data of the photo intelligence told by light is picturized with these cameras, and is recorded by the reaction of the photochemistry material on semiconductor memory or a photographic film. Such account image transcription image information of an analog is digitized by scanning a film, using an analog digital (A/D) converter, and digital image data is obtained. The obtained digital image data is changed and is displayed by the output means (for example, a printer, print media, or a screen).

**[0003]** There were many causes of the error which will be produced from the time of recording a photograph until it displays, or by the time [ in order to display later, ] it stores image data, and these errors affected image data and they had the problem that the color of the photograph finally displayed on a user differed from the original appearance of the object of a photograph. This invention relates to a gap of such a color.

**[0004]** There are a technical factor and a factor depending on the method of the perception of the color by human being or an image as such an error or factor of a color gap. There are some which are depended on the spectral sensitivity of the chromatic aberration of a lens system, the color-balance algorithm of a digital camera, a CCD chip, or a film, an especially unsuitable color correction algorithm, etc. in a technical factor. The color of the object of the photograph taken with a camera changes with the spectrums of lighting. On the contrary, there is the feature of the so-called "homeostasis of a color" in human being's color correction function.

**[0005]** The usual human being the color sample under the lighting condition from which plurality differs from which a color value differs, respectively The storage about a color value it is discriminable to reliance ("Measurement of Color Constancy by Color Memory Matching" report "constant measurement of color by color memory matching": by Keiji Uchikawa and others -) Optical Review, Vol.5, No.1 (1998),

p.59-63 -- or -- <http://annex.jsap.or.jp/OSJ/opticalreview/TOC-Lists/vol05/5a059tx.htm> reference. It is because that human being has color vision also has a sensory mechanism of the homeostasis of a color. The color vision of the contents of the lighting used as the light source is relatively unrelated. On the contrary, it depends only on the spectrum of illumination light (tungsten light, flash plate light source, daylight, etc.) for the color value recorded with the camera etc.

[0006] Furthermore, human being has memorized the color which is familiar in everyday life, for example, body warmth, foliage, a blue sky, neutral colors, or gray (for example, color of a road). In a CMYK (cyanogen, Magenta, yellow, and black) color space, the color tone of the white races' skin is 13C-40M-45Y-0K. These are values which are generally applied in the color of the skin of the young woman and child of the white races at least, the value of a Magenta and yellow is almost equivalent and cyanogen is usually about  $1/5 - 1/3$  of a value. [ of a Magenta and yellow ] When there are more values of a Magenta than yellow, redness is worn, and the hue of the skin wears yellow, when there are more yellow values notably than a Magenta. Black is contained only when the portion of the shadow of the skin or the color of the skin is deep (<http://www.colorbalance.com/html/memory.html>).

[0007] In the photograph in which such a memory color exists, the memory color representing the characteristic color of a photograph can be used as a reference color of color correction.

[0008] However, when searching two or more reference colors from there needs a big memory space very difficult in order to amend all the color data of the image no matter an object may be what digital image, there is a problem that computer operation will take time amount.

[0009] In the field of image pattern automatic detection technology, it was a technical problem from the former to discriminate the image pattern which is a candidate for retrieval from the photograph which has a memory color. Such automatic detection is suitable when the defect which added correction or modification to image data, and was produced in the record process needs to be amended. For example, a possibility of having a different color from the actual color of a photography object is suitable for a high flash plate photography photograph etc.

[0010] In addition, although there is a condition which the poor color tone of the photograph for which amendment is needed generates, below, automatic detection of the face image which applied discernment of the skin which consists of human being's memory color will be stated to details.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to search flesh color and a face from a person photograph image, detecting flesh color first is known from the former. After detecting flesh color, it checks whether the image pattern of human being's face exists in the beige field. If a face is detected as a result, the color will be amended based on a memory color. However, the problem of being inapplicable was in the poor color tone of the image that such a process has a color the color of the skin on which the color of the skin is reflected to green, orange, or gray, that is, was recorded is not recognized to be as human being's skin.

[0012] This invention aims at offering the color correction method of using the memory color of a specific image pattern as a reference color of the color data correction of a record image. This invention aims at amending the color of an image based on the memory color of body warmth especially.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The contents of the standalone version type claim can attain the above-mentioned purpose partially at least. Moreover, a subordination formal claim explains a suitable

example of this invention.

[0014] The purpose of this invention is attained by method of amending at least one color of a photograph containing a pattern space or one or more image patterns which have a color (memory color) of expectable common knowledge changed into digital representation. According to an above-mentioned method, existence of at least one pattern spaces, such as human being's face, or an image pattern, a location, and an approximation--for example at least size are detected especially. A color of the above-mentioned pattern space or an image pattern is measured, and a value (memory color) of at least one substitute color is related with the pattern space or an image pattern.

[0015] A color of the above-mentioned pattern space or an image pattern is amended by a value of this substitute color being equivalent to the so-called memory color, and replacing the measured existing color. According to this invention, human being can reconfigure or amend a different image pattern from a certain specific imagination color maintained at storage, or the poor color tone of a pattern space on the basis of human being's memory color. According to a method of this invention, it is necessary to register at least one substitute color or a memory color about each of pattern spaces, such as human being's face, or a pattern image especially.

[0016] Since an image pattern of a class which is [ grass / a face, a road, or / green ] different may be searched from two or more record images, for example, it is necessary to register at least one substitute color, i.e., human being's memory color, about each of these image patterns. Therefore, two or more pattern spaces or image patterns are detected from one photograph, i.e., digital representation of the photograph, and it becomes possible to replace with a memory color which human being maintains at storage to a substitute color which registered a defective color of these image patterns, i.e., the image pattern.

[0017] According to one suitable example of this invention, it is also possible to ask for deflection between a value of at least one substitute color, and a pattern space which performed discernment and localization or the existing color of an image pattern. Based on this deflection, a detected pattern space or the existing color value of an image pattern is correctable. Therefore, a color of a detected image pattern is not replaced by only a substitute color or memory color 1 color, but only a part of deflection is corrected. That is, after color correction will have two or more colors, and, as for an image pattern, will have more natural appearance. Furthermore, it is also possible to use this deflection, and to correct or amend all the existing colors of an image.

[0018] Furthermore, the average of at least one detected above-mentioned pattern space or a color value of an image pattern can be calculated, and this average can be used as an existing color in all subsequent color correction processings.

[0019] Of course, it is also possible to use distribution of a color value relevant to one or more memory colors related with a pattern space or an image pattern. In this case, a value of a substitute color corresponding to the measured existing color is assigned.

[0020] Furthermore, since it may consist of mutually different color values in specific color spaces, such as a HSV color space, when it has a value of a color value from which a value or a memory color of the above-mentioned existing color and an assigned substitute color differs mutually, for example, specific red, green, and blue, respectively or, transform processing may be needed in order to amend a color value of a subject-copy image of digital representation. Suitable transform processing enables it to amend appropriately in consideration of all color values about a certain color.

[0021] Another example of this invention is based on recognition of one or more image patterns of human being's face or a road. These image patterns contain a certain specific color which human being memorizes. Moreover, these image patterns are comparatively detectable from digital representation of a record image with this example in a short time. Memory colors, such as a color of the skin, are contained in image patterns detected comparatively easily, such as human being's face. It is possible to amend a color of a photograph based on recognition of a specific color with an image pattern with which a certain specific image pattern was recognized and detected. This is realizable by amending all colors of an image in consideration of deflection between a color detected from a detected image pattern, and a memory color predicted that human being perceives from an image pattern detected [ road / a face, ].

[0022] Which existing image pattern detection method may be used for this invention. Anything may be used for detection of an actual face as long as it is the system which agrees moderately below. For example a paper "face detection by neutral network" ("NeutralNetwork-Based Face Detection" and PhD Thesis CMU-CS -99-117 --) of Henry Rowley A neutral network method indicated by Carnegie Mellon University and Pittsburgh 1999, Or Schneiderman's and others paper "a statistical method used for three-dimension body detection of a face, a vehicle, etc." 0 [ "A Statistical Method for 3D ObjectDetection Applied ] to Faces and Cars", the wavelet technique indicated by Proc.CVPR 2000, Vol.I, p.746-752, and Hilton Head Island2000 can be used.

[0023] It is that probability \*\* which will be detected if a face is for important one not to have that detection of a face is performed automatically completely, that detection speed is moderately quick, and a rate of false positivity, i.e., a face, here is low. Here "it is moderate" changes with conditions of a gestalt of operation. Contents indicated by the above-mentioned reference by Rowley, and Schneiderman and others shall be included in an example of this invention.

[0024] To rotation, since it is not eternal, it is necessary to devise ability to detect of almost all face detector so that detection can be ensured about all hands of cut that a face can take. The method changes with detectors used since rotation permanence changes with face detectors. For example, by the technique of Rowley, rotation permanence is acquired in about \*\*45 degrees in the technique of about \*\*15 degrees and Schneiderman. Therefore, it is necessary to secure rotation permanence with means other than a detector. After this carries out preliminary rotation of the image, it can be attained by performing after treatment and the usual face detection.

[0025] For example, four phases are required for a system using a face detector of Schneiderman. In other words, in the case of the above-mentioned face detector, it is necessary to reach, to rotate 270 degrees and to measure 180 degrees of 90 degrees of 0 degree of images, respectively.

[0026] If a face is detected, a range which searches flesh color will be limited remarkably. According to an above-mentioned detection method, a direction where boundary attachment \*\*\*\* and a face are rough is [ a face ] detectable. Generally ability to detect of a face detector is not rotation permanence as above-mentioned. Therefore, the direction of a face can be searched for within limits limited by the rotation permanence of a face detector. In the case of a Schneiderman detector, this range becomes less than \*\*45 degrees.

[0027] After finishing localization of image patterns, such as a face or a road, a color of a photograph can be amended according to the next step of a method by this invention. To an image pattern which carried out the localization, since color distribution of a color corresponding to detection and all image patterns by which the localization is carried out is beforehand registered by image processing system which existence



of a certain specific color is predicted, and operates according to a method by this invention, it can check at it whether a possibility that a color detected from an image pattern corresponds is within the limits of the highest color distribution, respectively. As mentioned above, it corresponds to a memory color predicted that human being memorizes these color distribution, and human being perceives it from localization and a detected image pattern.

[0028] That is, for digital representation of a recorded image, a method by this invention identifies human being's one pattern space or image patterns, such as a face, and detects the above-mentioned pattern space on a photograph, i.e., digital representation, or a location of an image pattern first. And a color of common knowledge which detected a location and which can expect the above-mentioned pattern spaces, such as a face, or an image pattern, for example is determined.

[0029] Next, at least one distribution of a color value in a certain color space corresponding to a color determined about the above-mentioned pattern space or an image pattern is selected. the above -- even if few, from distribution of one color value, one color value corresponding to a determined color is determined, and it is assigned to a color of the above-mentioned pattern space. An assigned color value is equivalent to a color which can be expected by human being. That is, having the pattern space, for example, a face, and a color of \*\*\*\* needs to exist in storage of human being. And deflection between a color of the above-mentioned pattern space and a color value of the assigned above-mentioned distribution is called for, and it opts for transform processing for changing a color of a photograph from this deflection. Color data of digital representation of the above-mentioned image is amended by this transform processing.

[0030] Repeat activation of according to claim 1 step (b) - (d) may be carried out using a color value which corresponds from the above-mentioned distribution. In that case, in a step (b) of claim 1, a color value determined as a value to assign surely replaces a color value replaced with the existing color or the last on a pattern space or an image pattern. It will be stopped if it is judged that this repeat has in tolerance the color value amended at the last of a pattern space identified and detected or an image pattern. A possibility is most equivalent to a high portion of at least one distribution chosen as distribution of a color value in a predetermined color space where this tolerance has a high possibility of being most in agreement with a color detected from a pattern space or an image pattern set as the object of color correction.

[0031] Of course, since a desirable result, i.e., a color value in tolerance, cannot be obtained in predetermined time amount, when a method by claim 1 cannot be ended, it is also possible to choose another color value distribution in same color space near color value distribution of a color space used last time etc., and to acquire a color value in tolerance based on this another color distribution.

[0032] For example, when it is judged that a colored spectrum and/or a HSV value of a HSV color space where an average color detected from discernment and a pattern space which carried out the localization, or an image pattern differs from the range of a high color value of a possibility that it is most in agreement within a certain selected color distribution are included, it is possible to calculate this deflection. For example, deflection may be in red, green, a blue color value, and a hue.

[0033] A total color in a photograph, i.e., digital representation of a photograph, can be amended from such calculated deflection. It is detectable again after amendment whether discernment and a pattern space which carried out the localization, or a color value of an image pattern is within the limits of a high portion of a possibility that selected color distribution is most in agreement about this amended digital

representation. It is equivalent to distribution of a color value considered that human being predicts this color distribution based on storage of a color.

[0034] Therefore, according to this invention, it is possible to amend a color of the whole record image automatically from one existing specific pattern spaces, such as a face, or a color of only an image pattern.

[0035] According to a method of this invention, color correction of a digital photograph can be performed and a memory color can be reproduced the optimal. Especially this invention is applicable to a DMD printer for photographs, an ink jet printer for photographs, a CRT printer for photographs, a development print system of a photograph, a small development print system especially called a "mini-laboratory."

[0036] The above-mentioned printer or a development print system processes supplied photograph information. Although photograph information may be supplied as photograph information on a film as usual, it may be supplied by digital method through networks (the Internet, LAN, etc.) or storages (CD-ROM, a disk, memory chip, etc.).

[0037] A color used as reference of color correction by this invention is called a "reference color." Generally these reference colors are equivalent to a memory color, and represent a characteristic color of main portions of an image in almost all photographs. therefore, such a characteristic color (memory color) -- for example, you may draw from two or more selected photographs by photograph expert statistically. A model of a characteristic color (memory color) is drawn from two or more above-mentioned photographs, and a color value with which a characteristic color (memory color) is considered to usually have is acquired from this model. The above-mentioned color value can be used in a form of color value distribution where likelihood of a specific color value is expressed.

[0038] One memory color considered that it was not the color value which is one, but an artificer of this invention was what is expressed with two or more color values in fact. This invention can express two or more color values showing a specific memory color (characteristic color) using at least one distribution. This distribution shows distribution of two or more color values which can be set to a specific color space. Especially the above-mentioned distribution expresses a range or a portion of two-dimensional [ in a color space ], or a three dimension. The above-mentioned distribution does not necessarily relate to a location in a color value, i.e., a color space, and a chisel, and relates also to one or more parameters of two or more color values expressed by the above-mentioned distribution.

[0039] For example, this parameter is a parameter about probability for a certain color value to express a specific memory color. For example, this probability can be presumed from statistical abundance of that color value in two or more photographs. By this example, the above-mentioned distribution means probability distribution. According to another example, the above-mentioned parameter is a parameter showing a weighting factor used for amendment processing. This weighting factor shows significance of each color value used for an expression of a certain memory color. Usually, significance of a color value is so high that the above-mentioned statistical abundance or the above-mentioned probability is high.

[0040] Moreover, when there is additional information about image pick-up conditions, it is also possible to use further distribution from which plurality differs to the same memory color. For example, if information that an image was photoed using a flash plate is registered into a digital camera, it is possible to use distribution which is adapted for flash plate photography conditions, or distribution acquired from two or more flash plate photography photographs instead of standard distribution. Standard distribution is distribution which is adapted for all image pick-up conditions (daylight, the flash plate light source, indoor, etc.).

[0041] However, when there is no additional information, it is desirable [ such additional information / it is desirable to use in the so-called decision of "prior information", therefore ] to assign only one distribution to one memory color, so that it may explain below. According to this invention, a memory color is used as a reference color. Preferably, a reference color group and two or more distribution which follows and corresponds to them are supplied. It is also possible for fixed data about these distribution to be registered into the memory section, to be able to access now through a network if needed, and to update based on a new statistical data, for example.

[0042] A color correction method or color correction equipment by this invention receives and amends image data showing a photograph. Image data receives by digital method through a storage or a network preferably. Instead of or in order that color correction equipment by this invention may generate digital photograph data further, you may have a scan means to scan a photographic film.

[0043] A vector of a three dimension which is usually digitized, for example, consists of an integral (for example, 0...255) component can express a color value of a record image. It is possible to express a color value using color spaces, such as RGB, sRGB, CMYK and Lab, and CIELab, in order to obtain digital representation of an image.

[0044] According to this invention, distribution (or selected distribution) corresponding to a reference color and/or it is assigned to detection and a pattern space by which the localization was carried out, or an image pattern. Distribution assigned is chosen from the existing distribution group.

[0045] It opts for transform processing based on distribution assigned to an image, i.e., a reference color assigned to an image pattern, (memory color). Conversion means actuation of image data aiming at amendment, and it opts for it based on a color value which exists in an image pattern. The existing color value expresses an origin of conversion and assigned distribution defines an end point of conversion. It is the purpose to make it in agreement with a color value as which distribution which was able to be assigned expresses a color value of an image pattern, i.e., a color value predicted that human being is there.

[0046] transform processing for which it opted -- using -- a color value of image data -- a color value of all image data is changed preferably, and an amendment image is acquired. This amendment is performed based on distribution showing information about a typical memory color which exists in a photograph. Since a memory color is expressed by not a strict color value but distribution, "whenever [ fuzzy ]" is obtained by principle of color correction of this invention. Optimization processing whose flexible and smooth amendment is attained by whenever [ this / "whenever / fuzzy /" ] can be performed.

[0047] And it means that two or more "coincidence" steps of claim 1 which were mentioned above in the following cases were attained. A color value from which a reference portion was changed this the account of a top When subspace of a color space occupied according to the assigned distribution is resembled, When a portion with highest possibility of distribution as which a changed color value was chosen from conversion before is resembled, When the at least 1 section of a changed color value is within the limits of the above-mentioned subspace of the above-mentioned color space, it is the case where most color values of a changed image pattern or all is within the limits of the above-mentioned subspace of the above-mentioned color space. "Whenever [ coincidence ]" is equivalent to a degree of a lap or approximation in comparison with a color value before conversion. By desirable method, evaluation of whenever [ coincidence ] can be performed to a pan which took probability into consideration by performing optimization processing. This method is explained below at details.

[0048] A probability model is preferably applied to a memory color. namely, distribution of a color value -- probability -- further -- desirable -- conditional -- it is defined by probability. conditional -- probability defines likelihood of a color value under conditions of a certain specific memory color (reference color). Each memory color model, i.e., probability distribution of each memory color, may be drawn from a training data constellation offered by photograph expert, or it may be acquired by statistical analysis of two or more photographs. Furthermore, the quality of coincidence between a changed color value and a color value defined according to the above-mentioned probability distribution can also be evaluated using the above-mentioned probability distribution. A thing of the quality of coincidence can be called "whenever [ coincidence ]." For example, you may think that whenever [ coincidence ] becomes high, so that probability for a changed color value to be equivalent to a memory color is high. This probability is calculable from probability distribution.

[0049] That is, evaluation of whenever [ between a changed color value and a color value of assigned distribution / coincidence ] is preferably used for optimization processing by this invention. Whenever [ this coincidence ] is calculable using probability distribution as above-mentioned. When the above-mentioned probability distribution specifies subspace of a color space, a lap degree between subspace specified with a color value of a reference portion and subspace specified according to the above-mentioned probability distribution can be used as whenever [ in optimization processing / coincidence ]. Optimization processing is performed so that "whenever [ this coincidence ]" may become as large as possible.

[0050] It asks for whenever [ as which an image pattern expresses the quality of synthetic coincidence between all image patterns and an assigned memory color when two or more and/or two assigned distribution or more exist / "whenever / all / coincidence /" ] from whenever [ according to two or more desirable individuals / coincidence ]. Whenever [ according to these individuals / coincidence ] is equivalent to whenever [ between a color value of one image pattern, and a color value of distribution assigned to the image pattern / coincidence ], respectively. Whenever [ above-mentioned all / coincidence ] is a function which consists of whenever [ according to two or more desirable individuals / coincidence ]. The above-mentioned function unifies mathematically whenever [ according to the above-mentioned individual / coincidence ] still more preferably.

[0051] a case where probability distribution is applied -- each image pattern -- receiving -- conditional -- probability is calculated. conditional -- probability expresses probability for a color value of image patterns, such as a face, to belong to a memory color assigned to the pattern. conditional [ corresponding to two or more image patterns which chose evaluation of "whenever / all / coincidence /" preferably / two or more ] -- it is carried out based on a product which means an above-mentioned function, a product, i.e., this example, of probability.

[0052] Moreover, when applying probability distribution, since it is based on probability, "whenever [ coincidence ]" can also be called "coincidence probability." Coincidence probability expresses probability for a changed color value to belong to distribution or a reference color assigned to the image pattern.

[0053] Coincidence probability is preferably searched for based on distribution which defines probability for a color value of an image pattern to express a reference color. You may ask based on instead of or effect of further as opposed to a color value (systematic) of image data for coincidence probability. With this effect, what was generated from what was generated when a photograph was photoed (for example, thing to depend on a spectrum of lighting for photography objects, such as the flash plate light source) by the

time image data was received by a color correction method or color correction equipment by this invention is included. Such information about systematic effect is also called "prior information." "Prior information" is later explained further to details.

[0054] It is also possible to perform color correction only based on information about saturation and a hue. When it expresses a color value as a Lab vector, it can also amend only based on a vector value of a and b. Such automatic selection, assignment, and the main advantages of amendment are to be able to amend certainly also about an image with which distortion of a color exists intentionally. This is because selection of an image portion and assignment of distribution (or corresponding reference color) are performed without being dependent on a hue and information about saturation.

[0055] Of course, it is also possible to add to a face, or to detect and choose them instead of a face, using other objects as an image pattern. For example, a reference color becomes gray in using a road as an image pattern.

[0056] It turns out beforehand that it is sent to output means (for example, a printer or a mini-laboratory etc.) with amended image data, and this can be used for a step which opts for transform processing, especially corresponding optimization processing when color management profiles, such as an ICC profile of the international color committee (International Color Consortium, <http://www.color.org>) convention, are known. In this case, it opts for transform processing so that transform processing may include color management conversion corresponding to a color management profile of an output means.

[0057] Amendment may be performed instead of a pan from a viewpoint of color vision of an image by human being. For this reason, a vanity model of a color like CIECAM97s in reference "vanity model creation of a color and CIECAM97s" ("Color Appearance Modeling and CIECAM97s", Tutorial Notes (CIC99), 1999, Armin Kndig) of Mark Fairchild may be used. A vanity model of a color can be expressed by transform processing, i.e., vanity transform processing of a color. It is determined that transform processing used for amendment by this invention will include vanity transform processing of such a color.

[0058] This invention relates not only to a method but to a program and a computer storage equipped with the program. Furthermore, this invention relates to a photograph processor which performs above-mentioned amendment processing. Such a photograph processor has a conversion means for performing a decision means for opting for transform processing in consideration of whenever [ quota means / for assigning distribution of a selection means for choosing an input means for receiving a memory means for memorizing distribution, and digital image data, and a reference portion, and these reference portion /, and above-mentioned coincidence ], and amendment conversion.

[0059] Such a photograph processor may be realized by an ASIC product, electronic parts by which hard connection was made and/or a computer programmed according to this invention, or chip. Furthermore, this invention relates to a photograph printer using an above-mentioned method of constituting an above-mentioned photograph processor or a photograph development print system, especially a mini-laboratory. Each equipment may be equipped with data-processing means, such as a computer by which an above-mentioned program was executed or incorporated.

[0060]

[Embodiment of the Invention] The principle of the method by this invention is explained below at details in relation to face detection of human being and skin detection of a face. Though natural, another image pattern with which other memory colors exist may be detected.

[0061] Anything may be used for actual face detection as long as it is the system which agrees moderately

below. For example the paper "face detection by the neutral network" ("Neutral Network-Based Face Detection" and PhD Thesis CMU-CS -99-117 --) of Henry Rowley Carnegie Mellon University, a neutral network method given in Pittsburgh 1999, Or Schneiderman's and others paper "the statistical method used for three-dimension body detection of a face, a vehicle, etc." [ "A Statistical Method for 3D Object Detection Applied to ] The wavelet technique Faces and Cars" and given in Proc.CVPR 2000, Vol.I, p.746-752, and Hilton Head Island2000 etc. can be used.

[0062] It is that probability \*\* which will be detected if a face is for important one not to have that detection of a face is performed automatically completely, that detection speed is moderately quick, and the rate of false positivity, i.e., a face, here is low. Here "it is moderate" changes with conditions of the gestalt of operation. In the example of this invention, the contents indicated by the reference by Rowley, and Schneiderman and others are adopted.

[0063] To rotation, since it is not eternal, it is necessary to devise the ability to detect of almost all the face detector so that detection can be ensured about all the hands of cut that a face can take. The method changes with detectors used since rotation permanence changes with face detectors. For example, by the technique of Rowley, rotation permanence is acquired in about \*\*45 degrees in the technique of about \*\*15 degrees and Schneiderman. Therefore, it is necessary to secure rotation permanence with means other than a detector. After this carries out preliminary rotation of the image, it can be attained by performing after treatment and the usual face detection. Drawing 1 is a flow chart explaining such face detection.

[0064] For example, four phases are required for the system using the face detector of Schneiderman. In other words, in the case of the above-mentioned face detector, it is necessary to reach, to rotate 270 degrees and to measure 180 degrees of 90 degrees of 0 degree of images, respectively.

[0065] If a face is detected, the range which searches flesh color will be limited remarkably. According to the above-mentioned detection method, the direction where boundary attachment \*\*\*\* and a face are rough is [ a face ] detectable. Generally the ability to detect of a face detector is not rotation permanence as above-mentioned. Therefore, the direction of a face can be searched for within limits limited by the rotation permanence of a face detector. In the case of a Schneiderman detector, this range becomes less than \*\*45 degrees.

[0066] Drawing 2 and 3 are rough pictograms used for discernment and/or the localization of the image pattern for retrieval. Of course, these may be rotated, inclined or moved, and a memory color may be identified. Here, a memory color is equivalent to the color of body warmth.

[0067] In order to identify an image pattern, processing which makes the feature of a face emphasize may be performed. For example, histogram normalization, partial contrast enhancement, etc. may be used.

[0068] Next, in one side of this invention, a pattern space or an image pattern will enable it discernment and to detect the color in this field, if the localization is carried out. According to the detected color, the memory color used as a substitute color used for the image pattern detected at least is chosen.

[0069] The possibility of coincidence is possible also for determining the deflection between the highest memory color and the color measured in recognition and the image pattern by which the localization was carried out from the image with which it is set as the object of amendment. From this deflection, all the colors of the remaining portion of not only the color correction of an image pattern but its image can be amended. The possibility of coincidence can determine the highest memory color by detecting one color based on [ of the detected image pattern ] presumed as an existing color value, or calculating the average



of the color of the detected image pattern, and asking for the deflection of the memory color near this existing color value, and the existing color value in specific color spaces, such as a HSV color space or a RGB color space.

[0070] Although it is also possible to apply more complicated processing, and a better color correction result is obtained on the other hand in this case, on the other hand, time amount required for amendment processing will become long.

[0071] The color correction method or color correction equipment by still more nearly another side of this invention is explained below.

[0072] A memory color is defined by the normalized color space. Furthermore, as mentioned above, it is also possible to combine a color management model and/or the vanity model of a color with color correction processing so that it may state to details by the following.

[0073] As input data of this method, at least one image pattern  $i$  on an image ( $i = 1 \dots N$ ) to which the digital image (for example, obtained using the digital camera or the scan means) and the memory color  $A_i$  were assigned is used. A pattern space or an image pattern is the location, for example, the Cartesian coordinate. It is discriminable with  $x_i/y_i$ . The image pattern which is a reference portion consists of one or more pixels (pixel). The number of the image patterns to be used is  $N$ . The image data in each image pattern is characterized with a characteristic color value.

[0074] When an image pattern consists of two or more pixels, the color value assigned to this image pattern may be a function which consists of two or more color values of two or more pixels of that image pattern. Although this function may be the median of the color value of these pixels, it may enlarge weighting to the color value of a core compared with the color value of the pixel in the periphery section of an image pattern, for example. The color value (for example, function which consists of two or more color values of two or more pixels of an image pattern) of an image pattern may be expressed using color spaces, such as RGB. In that case, the color values of the image pattern  $i$  are  $r_i$ ,  $g_i$ , and  $b_i$ .

[0075] When specifying the point on an image and identifying an image pattern, the image pattern may be equivalent only to the pixel of the point. This image pattern may be matched with the average of the field of the fixed size centering on that point. This field carries out field growth of the seed whom the user specified according to the pattern recognition method of this invention, and may be obtained.

[0076] If the substitute color equivalent to the existing color value of input data, i.e., an image pattern, and an image pattern and the aim color value of an image pattern gathers, it can opt for the conversion  $T$  for color correction. Although Conversion  $T$  is strange at first, a definition can be given like a degree type.

[0077]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

[0078] Although the color value is expressed with the formula (1) as  $r$ ,  $g$ , and  $b$ , this is an example and may choose other displays, for example, a Lab color coordinate system. a formula -- (one) -- conversion --  $T$  --  $r$  --  $g$  --  $b$  -- a value -- being new -- a pixel value --  $r$  --  $g$  --  $b$  -- changing -- having . Moreover, more complicated conversion may be used if needed. the example of conversion -- G.Wyszecki and a W.Stiles work -- "color science: it is indicated by concept, method, quantitative data, and formula" (Color

Science: "Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", Wiley, 1982). For example, the following transform processing may be performed.

[0079] A scale factor is simply applied to Above r and g and b value. Such amendment is applied to a digital camera in many cases. In this case, Conversion T is a diagonal matrix by which the component of a matrix is equivalent to a multiplication factor.

[0080] A color value is changed into another color space from a certain color space. For example, after changing r, g, and b value into the value of XYZ color specification, a scale factor is applied to X, Y, and Z value. The color value of an image pattern is desirable, and one dimension expresses brightness or lightness and is changed into the color space where the dimension of others which the dimension became independent of expresses a hue and a color tone.

[0081] By conversion, r, g, b value, or other color values are changed into an LMS cone response value, and a scale factor is applied to the acquired value.

[0082] In either of the above-mentioned color spaces, general matrix transform processing of 3x3 is performed. A matrix expresses the rotation in a color space, deformation, or displacement. When one dimension of the color space expresses brightness or lightness especially, you may change by fixing the value of brightness. For example, conversion may be a matrix showing rotation centering on the shaft of brightness or lightness.

[0083] The model of the memory color relevant to distribution of the color value corresponding to a memory color is a probability model. Each memory color  $A_k$  ( $A_1$ = neutral colors or gray,  $A_2$ = blue sky,  $A_3$ = body warmth,  $A_4$ = foliage) is defined by the likelihood.

[0084]  $p(a, b | A_k) \dots (2)$

[0085] A formula (2) expresses a possibility that the color value expressed with Parameters a and b belongs to a memory color. In the example explained below, it is assumed that these parameters a and b are equivalent to the components a and b of a Lab vector. a formula (2) -- conditional -- it is probability and the probability of the color values a and b under the conditions of a memory color  $A_k$  is expressed.

[0086] A formula (2) can be made into the thing of a form complicated to a degree required to express training data, such as a statistical analysis result of the memory color in two or more photographs. A desirable result will be obtained if a two-dimensional multivariate Gaussian curve expresses probability distribution. Drawing 4 shows the example of the memory color model (probability distribution) of "neutral colors" (continuous line), a "blue sky" (dashed line), "body warmth" (dotted line), and "foliage" (one-point dashed line). In drawing 4, a Gaussian curve shows the line by which the highest probability of each memory color becomes 50%. That is, it is  $p(a, b | A_1) = 0.5$  to all the color values (a, b) on the continuous line of drawing 4.

[0087] Below, the optimization method or algorithm which asks for transform processing from which coincidence with the color value which the image pattern changed, and the color value of the probability distribution of the substitute color assigned to the image pattern serves as the highest is explained.

[0088] Conversion T is characterized with the parameter (for example, scale factors  $r_f$ ,  $g_f$ , and  $b_f$ ) showing the diagonal element of 3x3 matrix of a predetermined number. If an image pattern and its color value are detected, pixel  $r_i$ ,  $g_i$ , and  $b_i$  which were changed will determine these parameters from the input color values  $r_i$ ,  $g_i$ , and  $b_i$  of the image pattern i which performed detection and the localization so that the corresponding memory color  $A_i$  may be reproduced the optimal.

[0089] The "optimal" degree here may be defined using the a-b color plane of CIE 1976 Lab color space.

The component of CIE 1976 Lab color space can also be expressed as  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  (refer to drawing 4 ). These components relate to a CIELab color coordinate system. K. It is indicated by the psychology paper "the quantum nature of a memory color rendering" ("The Quantitative Aspects of Color Rendering for Memory Colors", in IST PICS2000 Conference, p.94-98, 2000, MS) by Toepfer and R. Cookingham that it is suitable for CIE 1976 Lab color space defining a memory color, therefore a substitute color.

[0090]  $a$  of the image pattern  $i$  and  $b$  value are calculable with a degree type using certain conversion  $T_{\theta}$  ( $\theta$  expresses the parameter of the transform processing).

[0091]

$a'_i = f_a(r'_i, g'_i, b'_i) = f_a(T_{\theta}(r_i, g_i, b_i)) \dots (3)$  [0092]

$b'_i = f_b(r'_i, g'_i, b'_i) = f_b(T_{\theta}(r_i, g_i, b_i)) \dots (4)$  [0093] In a formula (3) and (4),  $f_a$  and  $f_b$  express the function for calculating  $a$  in the RGB (for example, sRGB or Adobe RGB) color space to be used, and  $b$  value.

[0094] All probability is calculable if needed using the probability distribution defined by  $a'_i$ ,  $b'_i$ , and the memory color model (2), i.e., a formula. All the probability acquired as a product of each probability can take all image patterns into consideration.

[0095]

[Equation 2]

[0096] On the whole, all the probability  $p(D|\theta)$  expresses the probability to express the memory color by which the color value from which all image patterns were changed was assigned to the image pattern, respectively. Parameter  $D$  shows the color value of input data, i.e., an image pattern, and an image pattern, and the substitute color assigned to the image pattern. therefore, conditional [ of input data / probability /  $(D|\theta)$  /  $p$  / all /  $D$  under the conditions of the conversion parameter  $\theta$  ] -- a-priori probability is shown.

[0097] according to the formula of Bayes -- conditional -- a-posteriori probability is acquired by the degree type.

$p(\theta|D) \propto p(D|\theta) \cdot p(\theta) \dots (6)$  [0098] A-posteriori probability  $p(\theta|D)$  The probability of the conversion parameter  $\theta$  under the conditions of input data  $D$  is expressed. That is, the conversion parameter  $\theta$  shows a chance of expressing right transform processing. For this reason,  $p(\theta|D)$  It becomes the above-mentioned scale of "whenever [ coincidence ]." Color correction can be optimized based on this a-posteriori probability. Optimization can be performed by calculating the maximum of a formula (6). When a memory color model and a prior model are multivariate Gaussian curves, this probability is convex and that maximum can be efficiently calculated by the inclination method of descent. The inclination method of descent is the optimization method (numerical calculation) used for a nonlinear function, and is a method of moving to a serially more low (more high in this example) point in retrieval space, and calculating the minimum value (this example maximum).

[0099] The above-mentioned prior information  $p$  about the color correction of image data ( $\theta$ ) may be general information or the information depending on an image. The example of "general" prior information is shown below.

[0100] It is the information on the film of the specific class scanned in order to obtain the feature and digital image data of the spectrum of the equipment used for an image pick-up process or the feature of a

color, for example, the spectrum of a digital camera, and a color etc. For example, a digital camera may have a systematic bias characteristic of color sensitivity.

[0101] It is the information about the degree of amendment required for the equipment used for an image pick-up process. for example, compared with other digital cameras, the need for color correction is high -- like -- it is information.

[0102] It is also possible to use, the information, for example, the prior information "depending on an image", on other other than above-mentioned "general" prior information. The example of this prior information "depending on an image" is shown below.

[0103] It is the information about the feature and/or defect of an algorithm required for image data processing which are acquired before performing color correction of image data. For example, in processing based on an automatic color correction algorithm or the constant algorithm of a color, the precision of these algorithms is known and equivalent to prior information. When the precision of these algorithms is known, the maximum of the degree of the color correction by this invention which determines  $p(\theta)$  can be presumed.

[0104] It is the additional information presumed from image data. For example, an image is classified, and since there is a predetermined systematic bias,  $p(\theta)$  can be decided to be the vanity of the color of the image belonging to a certain specific kind using this bias. For example, you may classify in the image of evening glow, a portrait image, etc.

[0105] The prior information on color correction is always expressed as probability distribution  $p(\theta)$ , and it can use for presumption by the formula (6).

[0106] The color correction method of this invention is preferably used together with the color management method or the color correction equipment of this invention preferably equipped with the color management means. The above-mentioned optimization processing of conversion is the optimization which used the forward direction model in principle. That is, the color conversion  $T$  is changed until a modification (conversion) color value is in agreement the the best for the color value of the color distribution corresponding to the model, i.e., the substitute color, of an ideal memory color.

[0107] In a fundamental work flow, this coincidence is performed in the standardized color space (for example,  $a^*b^*$  plane of a  $L^*a^*b^*$  color space). However, when the information that that image is sent to a predetermined output means (for example, mini-laboratory) to have known color management profiles, such as an ICC profile, later is known, this information is preferably used for optimization processing.

[0108] Here, a color profile associates the color value of the input data inputted into an output means, and the color value outputted by the output means (output unit). For example, when these color values as which the image data inputted into the output means expresses a color value as a RGB value, and is expressed by the output signal of an output means are Lab values, this color profile has the information about correspondence relation with the output Lab value expected to be an input RGB value. This Lab value is equivalent to the Lab value which analyzes optically the printout of the printer which is for example, an output means, and is measured. Reappearance of the memory color (memory color on a printout) outputted by the step of this optimization from an output means is optimized.

[0109] Drawing 6 (a) is drawing showing the fundamental optimization loop by this invention. this invention -- color correction -- setting -- data --  $r$  --  $g$  --  $b$  -- inputting -- having -- if -- color correction -- conversion --  $T$  -- amending -- having -- a color -- a value --  $r$  -- ' --  $g$  -- ' --  $b$  -- ' -- a value -- obtaining -- having . The color space conversion of these color values is carried out, and a  $L^*a^*b^*$  color value is

acquired. It is checked whether the  $a^*b^*$  value acquired from the memory color model (color distribution) showing the information about a substitute color or the  $a^*b^*$  value of an ideal after the color space conversion as shown in drawing 6 (a) is in agreement with the  $a^*b^*$  value of an ideal. The color correction conversion T is changed until this coincidence becomes the optimal. This may be repeatedly performed like the optimization loop which drawing 7 shows.

[0110] Conversion T' which consists of both color correction conversion T and color space conversion can express the color correction conversion T and a color space conversion. And conversion (it is overall) T' is optimized in an optimization loop.

[0111] Drawing 6 (b) expresses optimization by forward direction modeling. The color management of a known output means is used together to the fundamental optimization processing of drawing 6 (a). Here, overall conversion T' is not a color space conversion but color management conversion. Of course, in another example, overall conversion T' may consist of both color management conversion and color space conversion. Furthermore, the sequence of color correction conversion, and a color management conversion or a color space conversion may be changed. For example, a color space conversion or color management conversion may be performed after color correction conversion.

[0112] Color management conversion is equivalent to the actuation which applies a color profile to a  $r'g'b'$  color value, in order to acquire the anticipation output value from an output means. For example, when an output means is a printer, the  $L^*a^*b^*$  color value expected to be outputted by color management conversion on a print by the printer is acquired. And whenever [ between the changed color value and the color value (ideal  $a^*b^*$ ) acquired from a memory color model / coincidence ] is checked like drawing 6 (a).

[0113] color management conversion -- in addition -- or -- instead, it is also possible to include in the optimization loop which shows vanity conversion of a color to drawing 6 (a) or (b). In this case, overall conversion T' will consist of vanity conversion of a color further at least only not only in the color correction conversion T. Vanity conversion of a color expresses the vanity model of a color. When vanity conversion of a color replaces color management conversion in drawing 6 (b), a perceived color is optimized by MCPCC instead of a theoretical color (fundamental optimization) or a color (fundamental optimization and color management model) in the paper.

[0114] Vanity conversion of a color is easily incorporable by replacing the color management engine of drawing 6 (b) with the vanity model of colors, such as CIECAM97s ("Color Appearance Modeling and CIECAM97s", Tutorial Notes (CIC99), 1999, Armin Kndig) indicated by the work "the vanity model of a color, and CIECAM97s" of Mark Fairchild. Vanity conversion of the color showing the vanity model of a color is preferably doubled with the typical conditions at the time of human being perceiving a color for the color value outputted by color correction.

[0115] For example, a color value may be adjusted according to the typical background color at the time of seeing images, such as a class (for example, A or D65) of typical lighting, and a background color of a photo album. Moreover, a color value may be adjusted according to the class of print media. For example, the class of data medium, such as existence of gloss, may affect the perception of a color. Furthermore, color correction may be fitted to the typical lighting reinforcement when the reinforcement (brightness) of lighting influencing human being's color vision, for example, seeing an image.

[0116] It realizes by detecting at least one image pattern which usually has the memory color predicted that human being is [ the color correction by this invention ] visible to the image pattern.

[0117] Drawing 7 shows roughly the structure of the photograph processor which amends according to one

side of this invention, or the color correction equipment which operates according to this invention. The receiving means 100 receives image data and sends it to the selection means 200. The receiving means 100 may be a modem or a network. The selection means 200 may be equipped with the processing section which chooses at least one image pattern, assigns an image pattern, and sends it to a means 300. The quota means 300 accesses the supply means 400, such as memory or a storage means. The supply means 400 assigns color distribution of the memory color of the above-mentioned image pattern which corresponds according to a demand, or a memory color, and supplies it to a means 300.

[0118] The quota means 300 assigns a suitable memory color or color distribution to the above-mentioned corresponding image pattern. The above-mentioned image pattern, the assigned memory color, or storage classification-by-color cloth is sent to the decision means 500 from the quota means 300. The decision means 500 opts for conversion through an above-mentioned optimization loop. The conversion for which it opted is sent to the conversion means 600. The conversion means 600 receives image data from the receiving means 100, changes image data according to the above-mentioned conversion, and obtains amendment image data. Amendment image data is outputted from the photograph processor or color correction equipment of this invention.

[0119] It is also possible to use the statistical method for three-dimension object detection for this invention. The statistic about the appearance of the image pattern using the product of a histogram and the appearance of a "non-image pattern" may be used. Each histogram expresses the coincidence statistic of the subsets of a wavelet coefficient, and those locations in an image pattern. This method can detect human being's face certainly by the field external version using many histograms showing various vision attributes.

[0120] The main technical problems of this technique are fluctuation of visual appearance. For example, the configuration of a face, magnitude, a hue, and the other features change with people. Visual appearance changes also with surrounding environment. The locations to the reinforcement, color, and image pattern of the light source also differ. The approaching image pattern may cast a shadow over an object image pattern, or may reflect an excessive light. The appearance of an image pattern is depended also in the location and direction over the arrangement, i.e., a camera. For example, human being's profile differs from the time of seeing from a transverse plane greatly. Therefore, it is adapted for all fluctuation of these enough, and the image pattern detection method that the target image pattern is distinguishable from any image pattern which may exist in visual world is needed.

[0121] By such image pattern detection method, two steps of image pattern detection is performed. Since it corresponds to fluctuation of arrangement, each uses the method of the direction base using two or more detectors which correspond in the specific direction of an image pattern. It corresponds to other fluctuation by performing statistic-model-ization in each of these detectors.

[0122] For example, another side of one detector may be only for [ of a transverse plane ] faces only for [ of the right or the left ] profiles. Two or more detectors of these direction bases are used in parallel, and those results are unified. Two detectors of the direction base for example, the object for transverse planes, for right profiles, etc. are used for human being's face. What is necessary is just to use a right profile detector for the mirror-image-ized input image, in order to detect a left profile. Although each detector may be constituted so that only the image pattern of a predetermined direction may be detected, you may make it detect further the image pattern which has the predetermined magnitude of square image window within the limits.

[0123] Therefore, repeat application of the detector is carried out in all the locations that a square window can take so that it can detect, wherever the image pattern or the face may be located in [ of an image ]. And repeat application of the detector is carried out at the image which repeated and changed the magnitude of an input image so that it might not be concerned with the magnitude of an image pattern but detection might be possible, and changed magnitude.

[0124] The fundamental form of the statistical-decision rule used for each detector is the same. These detectors are different only in the point which is using the statistic collected from a mutually different image group.

[0125] Two statistical distribution models can be created to the detector of the direction base, respectively. These are the models of the statistic  $P(\text{image} \mid \text{non-object})$  of visual world other than an image pattern called the model of the statistic  $P$  of a predetermined image pattern ( $\text{image} \mid \text{object}$ ), and "non-image patterns." And a detection result comes out by the likelihood ratio test.

[0126]

[Equation 3]

[0127] When a likelihood ratio (left part) is larger than the right-hand side, it is judged that an image pattern exists.

[0128] If this likelihood ratio test is equivalent to the decision rule (MAP decision rule) of Bayes and its expression of  $P(\text{image} \mid \text{object})$  and  $P(\text{image} \mid \text{non-object})$  is exact, it will become the optimal. The form of the function used for these models below is explained to details.

[0129] In each formula, an image pattern and a non-image pattern are expressed with a term called an object (object) or a non-object (non-object), respectively.

[0130] Since model creation of  $P(\text{image} \mid \text{object})$  and  $P(\text{image} \mid \text{non-object})$  has the strange statistical feature about the vanity in an image pattern or the other world, it is difficult. for example, actual distribution is gauss (Gaussian) distribution and is poisson (Poisson) distribution -- or it is strange whether they are many mode distribution. The thing with these strange features is because it is difficult to analyze simultaneous distribution about many pixels.

[0131] It is important to choose the flexible model which is adapted for all structures here. Although a histogram is adaptable on almost a par with the method of the memory base, the compacter expression which searches for probability by the table search is used. What is necessary is just to measure the frequency where each attribute value appears in training data simply, for presumption of a histogram. Obtained presumption is statistically the optimal, does not have a bias, and was not contradictory, and satisfies the lower bound of Cramer-Rao.

[0132] The main defects of a histogram have the measurement value which can be used since the appearance of an image is expressed in few [ comparatively ] things. Many histograms are used in order to solve this limit. It is each histogram  $P_k(\text{image} \mid \text{object})$  here. The probability of the appearance belonging to a certain predetermined vision attribute  $\text{pattern}_k$  is expressed. In addition,  $\text{pattern}_k$  is a random variable showing the selected visual feature it is [ component / low frequency ] characteristic. Although it is necessary to divide appearance into two or more vision attributes, it is necessary to unify the probability of two or more different attributes in that case.



[0133] In order to unify the probability of two or more different attributes, it is necessary to ask for the following products. here -- a kind -- conditional -- each is approximated for a stochastic function as a product of a histogram.

[0134]

[Equation 4]

[0135]

[Equation 5]

[0136] In case the expression of  $P(\text{image} \mid \text{object})$  and  $P(\text{image} \mid \text{non-object})$  is constituted, an attribute (patternk) assumes absolutely that it has been independent statistically about either an image pattern or an object and a non-image pattern or a non-object.

[0137] In order to decompose visual appearance into a different attribute, it is necessary to determine with which measured value create an integrated model with which measured value of an image, and an independent model is created. If it seems that an object or an image pattern can be discriminated from the other world with the integrated relation of two variables, it is desirable to create an integrated model. When an effect is unknown, probably the twist which does not create a model at all is good to make those variables become independent and to create a model.

[0138] It is necessary to create the integrated model of the visual information which carries out localization in space, frequency, and the direction about a face and other image patterns. Therefore, it is necessary to decompose visual appearance to these dimensions. An object or each vision attribute of the appearance of a pattern space needs to decompose appearance so that the field on the object localized spatially may be expressed. Thereby, the modeling capacity for each histogram to have been restricted concentrates on more nearly little visual information.

[0139] Two or more attributes from which a scale differs [ the important hand of detecting a face and a vehicle ] since there is various magnitude in a loan are needed. Such an attribute is specified by decomposing into coincidence in both space and frequency. Since low frequency occupies a large field and high frequency occupies a narrow field, it is defined as the attribute of a large space range expressing low frequency, and the attribute of a narrow space range is defined as expressing high frequency.

[0140] The attribute for a narrow space range is high resolving, and can catch the characteristic field where faces, such as an eye, a nose, and opening, are narrow. A hand with others important for the attribute defined by low resolution as a larger field can catch a loan. For example, if it says by the face, hands, such as \*\*\*\* brighter than an eye socket, will be loans.

[0141] Furthermore, there is also an attribute decomposed according to a direction. For example, if the attribute specialized by the level feature is used, compared with the case where it expresses also about the perpendicular feature, the expression capacity over the level feature will become larger.

[0142] Now, not all of the relation of decomposition portions are disregarded just because it disassembles an object or an image pattern spatially. A hand with detection important for the spatial relations of



decomposition portions serves as a loan. For example, by human being's face, attribute samples, such as an eye, a nose, and opening, have the regular geometry. In order to model these geometric features, it is necessary to express the location of each attribute sample to the coordinate frame fixed to the object.

[0143] In addition to this, the location to all samples of each sample can be known with this expression. By this expression, the histogram of each model is an attribute and the simultaneous distribution  $P_k$  (patternk (x y), x, y | object) of an attribute location. And  $P_k$  (patternk (x y), x, y | non-object) It becomes. The attribute location x and y are measured for every square image window. However, an attribute location can also be expressed in not initial resolution but the coarser resolution of an image so that the cost of modeling can be absolutely responded to lowering and small fluctuation of the geometry of a decomposition portion.

[0144] In order to create the vision attribute localized in space, frequency, and the direction, it is necessary to enable it to choose easily the information localized into these dimensions. Therefore, it is desirable to change an image into the expression localized in space, frequency, and the direction at coincidence. Therefore, it is desirable to perform wavelet transform of an image.

[0145] Space, frequency, and a thing usable to the decomposition to a direction are not only wavelet transforms. Such an expression can be created also with the short-term Fourier transform or a pyramid algorithm. However, since the number of transform coefficients is in agreement with the number of initial pixels of an image by wavelet transform compared with these conversion and an image can be completely reconfigured by conversion, there is no redundancy.

[0146] Wavelet transform is composed in the subband which localizes an image in a direction and frequency. Within the limits of each subband, the coefficient has localized spatially, respectively. In wavelet transform, as shown in drawing 8, ten subbands are created by 3 hierarchical decomposition which used 5 / 3 linear-phase filter bank, so that it may be indicated by "the wavelet and the filter bank" (Wavelet and Filter Banks, Wellesley-Cambridge Press, 1997) of G.Strang and a T.Nguyen work.

[0147] In conversion, a hierarchy high [ one ] expresses high frequency one octave. A hierarchy's 1 coefficient expresses 4 times of the field a hierarchy's 2 coefficient, and a hierarchy's 2 coefficient expresses 4 times of the field a hierarchy's 3 coefficient. LH shows horizontal low-pass filter processing and vertical high-pass-filter processing, i.e., the level feature. Similarly, HL shows the perpendicular feature.

[0148] A vision attribute is specified based on this expression. It is defined as each attribute sampling the migration window of a transform coefficient. For example, a certain attribute may be defined as expressing 3x3 window of the coefficient a hierarchy's 3 LH band. This attribute expresses the level pattern of the high frequency which occupies the small range of a subject-copy image. Another pattern group may express 2 x2 block registered spatially in the 2nd a hierarchy's LH and HL band. This expresses the intermediate frequency band which occupies the larger space range of an image.

[0149] Accepting only the value of a finite number, or since each attribute is made, it needs to calculate vector quantization of the sampled wavelet coefficient. Since it combines to x and y (location) and about 100 enumerated data are acquired in order to make the number of the bottles of a histogram into less than 1 million pieces, it is necessary to express each attribute using 10,000 or less enumerated data. For that purpose, each vision attribute is defined as sampling the wavelet coefficient of eight pieces at a time, and quantizes each coefficient to three hierarchies.  $3^8 = 6,561$  enumerated data are acquired about each vision attribute by this quantization.

[0150] The attribute of 17 pieces which samples wavelet transform by any following one method on the whole to two or more groups who consist of the coefficient of eight pieces is used, for example.

[0151] A: All coefficients belong to the same subband in a subband. The vision attributes most localized in frequency and a direction are these. Such an attribute is defined by seven subbands (that is, hierarchy 1LL, hierarchy 1LH, hierarchy 1HL, hierarchy 2LH, hierarchy 2HL, hierarchy 3LH, hierarchy 3HL).

[0152] B: Although it belongs in the same direction between frequency, it is a coefficient belonging to two or more frequency bands. The visual hand that these attributes stretch two or more frequency, such as an edge, expresses a loan. Such an attribute is defined using six and a subband pair (namely, hierarchy 1LL-hierarchy 1HL, hierarchy 1LL-hierarchy 1LH, hierarchy 1LH-hierarchy 2LH, hierarchy 1HL-hierarchy 2HL, hierarchy 2LH-hierarchy 3LH, hierarchy 2HL-hierarchy 3HL).

[0153] C: Although it belongs to the same frequency band between directions, belong to two or more direction bands. The hand that these attributes have a horizontal component and vertical components, such as a corner, expresses a loan. Such three attributes are determined using a subband pair (namely, hierarchy 1LH-hierarchy 1HL, hierarchy 2LH-hierarchy 2HL, hierarchy 3LH-hierarchy 3HL).

[0154] D: The hand of stretching the frequency and the direction of plurality [ combination / this ] expresses a loan between frequency / between direction. Such an attribute that unifies two or more coefficients is defined by the subband of hierarchy 1LL, hierarchy 1LH, hierarchy 1HL, hierarchy 2LH, and hierarchy 2HL.

[0155] The attribute which uses a hierarchy's 1 coefficient expresses the large space range corresponding to a narrow low frequency range with space-frequency decomposition. The attribute using a hierarchy's 2 coefficient expresses the space range of the medium size corresponding to a middle frequency range, and the attribute using the coefficient of \*\*\*\* 3 expresses the narrow space range corresponding to a large high-frequency range.

[0156] And it migrates to all the ranges of an object, and each attribute is sampled at a fixed gap so that samples may overlap partially. This is performed so that the maximum information can be used for the decision of detection. For example, although the feature with remarkable eye, nose, etc. is very important for face detection, the field of others, such as a cheek and a jaw, is also helpful even if it is not comparable to the former.

[0157] Therefore, the final form of a detector is defined by the degree type.

[0158]

[Equation 6]

[0159] By the formula (10), "region" shows the image window classified.

[0160] Next, they are  $P_k(\text{patternk}(x, y), x, y \mid \text{object})$  and  $P_k(\text{patternk}(x, y), x, y \mid \text{non-object})$ . It is necessary to develop an actual histogram. In case statistics are collected, selection of the example of study of the kind of "a non-object" (non-object) or a non-image pattern poses a problem first. This kind expresses notionally the visual appearance of all the things in which it exists other than an object really. In order to classify correctly, it is important that a possibility of being mistaken for an object uses the non-object

sample which seems to be the highest.

[0161] This concept resembles the support vector machine which chooses the sample near a decision boundary so that it may be indicated by the "statistical learning theory" (The Nature of Statistical Theory, Springer, 1995) of a V.N.Vapnik work. Thus, the method of bootstrapping is applicable to the selected sample. Two or more samples chosen from the non-object image group at random in bootstrapping are used, and it is  $P_k(\text{pattern}(x, y), x, y | \text{non-object})$ . A reserve detector can be made to learn by presuming. And about 2000 image groups which do not include an object are measured using this reserve detector, and a response chooses the high field further as a sample.

[0162] Statistic  $P_k(\text{pattern}(x, y), x, y | \text{object})$  It collects from the image of an object. 2000 subject-copy images are used about each of a view which looks at a face. Furthermore, to each subject-copy image, a minor change is added to modification of a background scene, an aspect ratio and a direction, frequency, and a location, and about 400 deformation images are compounded.

[0163] The statistic used for these examples of study is collectable with two or more technique. In the face detector of this example The paper of Y.Freund and R.E.Shapire "decision theory generalization of online study, and application to boosting" [ "A Decision-Theoretic Generalization of On-Line ] Learning and an Application to Boosting", Journal of Computer and System Sciences, 55:1, p.119-139, and 1997, R. Paper of E.Shapire and Y.Singer "amelioration of the boosting algorithm using the prediction by which reliance ranking was carried out" [ "Improving Boosting Algorithms Using Confidence-rated ] The category error of a study group is made into min using Predictions", and Machine Learning 37:3, p.297, 336, December and the AdaBoost algorithm indicated by 1999.

[0164] An AdaBoost algorithm is accompanied by repetitive operation. A detector assigns and learns the same weight as all the examples of study first. Next, a detector is relearned repeatedly. When [ each ] it learns last time [ repeatedly ], weight is attached to the example of study classified accidentally. The category error decreases according to this process.

[0165] This technique is a heuristic approach from a rough phase to an energy phase. Each likelihood ratio of the location of the object which is possible first is partially calculated using the vision attribute of low resolving, i.e., the attribute using a hierarchy's 1 coefficient. then -- the image pattern candidate exceeding the minimum threshold of the above-mentioned partial evaluation promising that is, -- more -- high -- evaluation [ \*\*\*\* ] is performed.

[0166] The conversion for amending a color value is preferably applied to a color value in adjustable depending on at least one image property. Amendment is eclipse \*\*\*\*\* with weight locally preferably. A mask can be used for weighting. The element of a mask corresponds to the partial portion of an image, for example, 1 pixel, and two or more contiguity pixels, and these elements express preferably the image property (for example, lightness) of a partial portion. Weighting is performed to at least one image property. This image property is brightness (lightness) preferably. Image properties may be contrast (part), a hue, a color saturation ratio, the Colorcon trust, sharpness, etc. at instead of or a pan. Especially the artificer found out preventing the color cast produced to a bright field by weighting depending on brightness.

[0167] weighting is desirable and amendment is performed in middle or the field of average brightness rather than the field of low or high brightness (the degree of amendment becomes higher) -- it performs like. When an above-mentioned weighting factor takes the value between 0-1, a weighting factor is close to zero or zero in low brightness. As for a weighting factor, it is desirable to fall, if it becomes large and

applies to high brightness from middle as middle brightness is approached. In the highest or highest possible brightness, a correction factor is abbreviation zero or zero preferably. As a function used in order to calculate a weighting factor based on brightness, you may be the reverse \*\*\*\* function which has maximum around middle brightness.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a flow chart explaining the energy detection phase of the face detection by this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing an example of the pictogram of the face discriminated from a digital image.

[Drawing 3] It is drawing showing another example of the pictogram of the face discriminated from a digital image.

[Drawing 4] It is drawing showing "neutral colors" (continuous line), a "blue sky" (dashed line), "body warmth" (dotted line), and the memory color model of "foliage" (one-point dashed line).

[Drawing 5] It is drawing showing the prior information distribution  $p(\log(rf), \log(gf))$  of a specific model (a Kodak DC 210 zoom digital camera, lower part) with a common digital camera (upper part).

[Drawing 6] (a) is drawing explaining optimization through forward direction modeling by the fundamental example of this invention. (b) is drawing explaining optimization through forward direction modeling which applied the color management for known output means to the above-mentioned fundamental example.

[Drawing 7] It is drawing showing roughly the structure of the photograph processor equivalent to the color correction equipment by another example of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the image expression by the wavelet transform of 3 hierarchies and 10 subband division.

[Description of Notations]

100 Receiving Means

200 Selection Means

300 Quota Means

400 Supply Means

500 Decision Means

600 Conversion Means

---

[Translation done.]